224
35-43

Verhandlungen der klimatologischen Tagung in Davos 1925

Veranstaltet vom
Schweizerischen Institut für Hochgebirgsphysiologie
und Tuberkuloseforschung in Davos



Verlag Benno Schwabe & Co., Basel



DRUCK VON BENNO SCHWABE & CO BASEL

VORWORT

Der Aufschwung, den die Klimatologie in den letzten Jahrzehnten genommen hat, ist allen ihren Einzelzweigen zugute gekommen, den theoretischen wie den angewandten. Wie so häufig geschah auch hier der Fortschritt der theoretischen Klimatologie im Anschluß an neue Untersuchungsmethoden, die besonders zahlreich auf dem Gebiete der Sonnenstrahlung waren. Die methodischen Fortschritte der physikalischen Klimatologie gestatteten wiederum Nutzanwendungen zu ziehen für die Fragen, wie weit die einzelnen Klimafaktoren besondere Wirkungen auf dem Gesamtgebiet der Biologie haben.

Das in den letzten Jahren zusammengetragene Material war so umfangreich geworden, daß die Aufgabe lohnend erschien, es wenigstens in den Hauptrichtungen einmal übersichtlich darzustellen. Am zweckmäßigsten schien dazu die Form einer internationalen Aussprache, einer Tagung in einem Orte, der, selbst klimatisch begünstigt gelegen, zugleich Institute aufwies, die sowohl der theoretischen wie der praktischen Klimatologie dienen.

Das waren die Gesichtspunkte, die den Vorstand des Davoser Forschungsinstitutes veranlaßten, dem ihm gemachten Vorschlage zur Veranstaltung einer klimatologischen Tagung in Davos näher zutreten. Das *Dorno*sche Observatorium wie das Schweizerische Forschungsinstitut in Davos gaben dazu die wissenschaftlichen Stützen ab und ihre Einrichtungen mußten Forscher der verschiedensten Richtungen zu einem Besuche anregen.

Wie sehr der Gedanke einer solchen Tagung berechtigt war, ging aus der erfreulichen und ehrenvollen Tatsache hervor, daß er allseitig lebhaften Anklang fand und sowohl die meisten der um ihre Mitwirkung ersuchten Forscher sich alsbald bereit erklärten, über den heutigen Stand der Forschung und Lehre auf dem von ihnen bearbeiteten Gebiet vorzutragen, wie auch zahlreiche weitere Herren ihrerseits Vorträge anmeldeten, die leider nicht mehr alle Berücksichtigung finden konnten.

In uneigennütziger und der Wissenschaft wahrhaft dienender Weise haben die über 50 als Referenten gewonnenen Herren den zum Teil recht weiten Weg in unser Hochtal nicht gescheut, um teils ihre eigenen Erfahrungen einem internationalen Hörerkreise zugängig zu machen, teils in den Ergebnissen anderer, insbesondere der benachbarten Gebiete ihren eigenen Gesichtskreis zu erweitern.

Es war natürlich nicht möglich, sämtliche Fächer der Klimatologie in allen Einzelheiten erörtern zu lassen. Nur eine Auswahl konnte getroffen werden, unter Berücksichtigung derjenigen Themata, die allgemeines Interesse haben, teils an sich, teils für praktisch klimatologische Zwecke. Sachgemäß geschah die Einteilung derart, daß zunächst einige Vorträge über die allgemeine Bedeutung des Klimas orientieren sollten. Daran schloß sich ein physikalischer Teil, in dem das Verhalten verschiedener Klimafaktoren als solcher von verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet wurde. Logisch schloß sich dann eine Besprechung der Wirkung der verschiedenen Klimafaktoren auf die Lebewelt: Pflanze, Tier und Mensch, und endlich ein Ueberblick über die Anwendung des Klimas zu Heilzwecken auf Grund der gewonnenen Kenntnis seiner Wirkungen. Ueber die Einzelheiten des Aufbaues der Tagung gibt das Verzeichnis der Vorträge Aufschluß *).

Daß mit dieser erstmalig unternommenen Zusammenfassung der verschiedenen klimatologischen Forschungsrichtungen einem Bedürfnis entgegengekommen wurde, zeigte ebenfalls die über Erwarten große internationale Beteiligung an der Tagung — wir durften dabei die offiziellen Delegierten von 14 Staaten begrüßen — und schließlich auch die rege von verschiedensten Seiten erfolgende Nachfrage nach den Kongreßverhandlungen.

Am besten wird jedoch das Streben nach Zusammenfassung, Ausbau und Verwertung der gefundenen Ergebnisse dargetan durch den im Verlaufe der Tagung mehr und mehr sich äußernden Wunsch, das hier Geschaffene dauernd zu erhalten, um künftig die Früchte der klimatologischen Forschung allen an ihrem Fortschritte interessierten Richtungen ständig zugängig zu machen. Zu diesem Zwecke wurde als Abschluß der Tagung eine internationale Arbeitsgemeinschaft unter dem Namen „Foederatio bioclimatica“ geschaffen.

Wir hoffen, daß die Verhandlungen unserer Tagung einen Einblick in die Bedeutung der heutigen Klimatologie geben, sowohl in physikalisch-meteorologischer Beziehung wie hinsichtlich ihres Wertes für diejenigen Wissenschaften, die auf ihren Ergebnissen fußen, und daß sie zugleich Zeugnis ablegen von dem Umfange, den diese Forschungen und Bestrebungen bereits gewonnen haben.

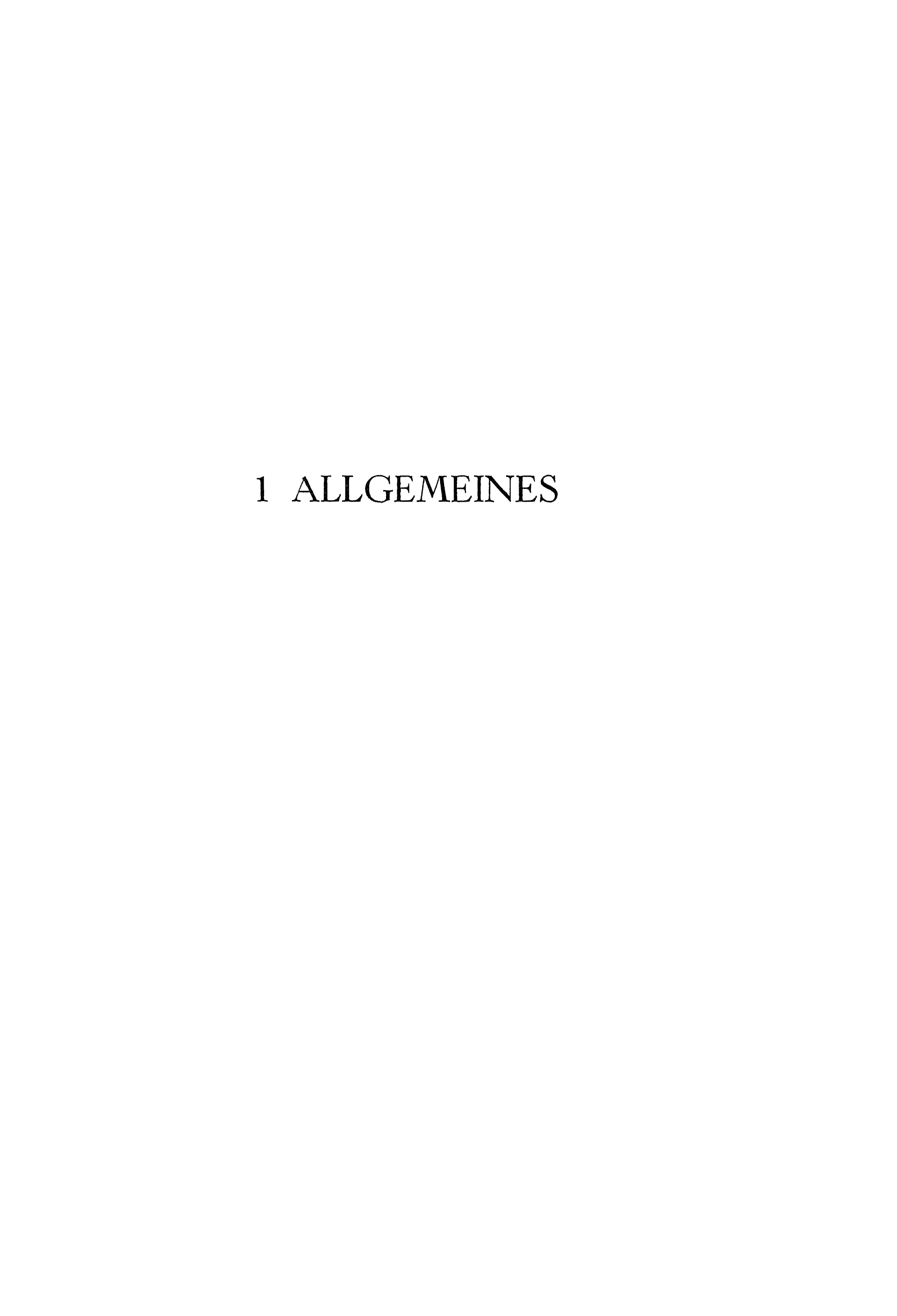
Der Vorstand spricht auch an dieser Stelle seinen Dank aus Herrn Dr. *Vogel-Eysern* für die Initiative zur Veranstaltung der klimatologischen Tagung und für die Herausgabe dieser Verhandlungen, ihm wie Herrn Prof. *Loewy* für die Organisation und Durchführung der Tagung und Herrn Prof. *Dorno* für die dabei geleistete Mitarbeit.

Für den Vorstand des Forschungsinstitutes
Der Präsident: Dr. *Michel*

*) Die hier gegebene Einteilung konnte in der Anordnung des vorliegenden Bandes aus äußeren Ursachen nicht für alle Vorträge innegehalten werden.

INHALT

1 ALLGEMEINES



Rück- und Ausblicke auf dem Gebiete der Höhenklimaforschung

Von *Emil Abderhalden*, Halle a. S.

Ueber allen Forschungen, die sich mit Fragen des Klimas und seiner Wirkungen befassen, liegt ein eigenartiger Zauber. Auch dann, wenn es sich um ein ganz spezielles Problem, wie zum Beispiel den Gehalt der Atmosphäre an bestimmten Strahlenarten handelt, wird unwillkürlich die ganze Umwelt, in der das betreffende Klima seine Wirkungen entfaltet und von der es abhängig ist, in uns lebendig. Es gilt dies in ganz besonders hohem Maße vom Höhenklima. Wer könnte sich beim Studium einer Arbeit über Höhenklimawirkungen oder über das Wesen des Höhenklimas als solchem der unmittelbaren Vorstellung des ganzen Milieus der Hochgebirgswelt entziehen? Unwillkürlich schweifen unsere Gedanken von dem behandelten speziellen Thema ab, und wir sehen vor unserem geistigen Auge die gigantischen Formen der Gebirgswelt, die Gletscher, die Alpenseen, die wundervolle Blütenpracht der Alpenwelt usw. erstehen. Dieser Umstand soll uns immer vor Augen halten, daß jede Einzeltatsache der Erforschung eines Klimas und seiner Wirkungen erst dann seine volle Bedeutung erlangt, wenn sie in Zusammenhang mit dem Großen und Ganzen gebracht wird. Die Forschung geht ganz allgemein zwei Wege. Zuerst erfolgt die *Analyse*, d. h. die Zerlegung des Komplexes Klima in seine einzelnen Komponenten. Ebenso studieren wir die Wirkungen des Klimas auf die Organismenwelt in der Weise, daß wir Einzelfragen nachgehen und etwa den Einfluß des Klimas auf die Vegetation, auf die Blutbildung usw. verfolgen. Der zweite Weg ist der der *Synthese*. Ebenso wie wir in einem Konzert genau heraushören können, welche Instrumente beteiligt sind, und zunächst jedes einzelne Instrument für sich eingeübt wird, aber erst dann der volle künstlerische Genuß zur Entfaltung kommt, wenn wir den Zusammenklang aller Instrumente in ihrer Synthese auf uns einwirken lassen, genau ebenso wird uns das Wesen eines Klimas erst dann verständlich, wenn wir das Zusammenspiel aller einzelnen seiner Faktoren erkannt haben. Bei der Einwirkung eines Klimas auf die Organismenwelt erhalten wir ebenfalls erst dann ein richtiges Bild

wenn die beobachteten Einzelerscheinungen in Wechselbeziehungen zueinander gebracht sind, und wir klar erkennen, was primäre Wirkungen und was Folgeerscheinungen von solchen sind.

Betrachten wir die Forschungen über das Klima als solches, dann können wir besonders schön verfolgen, wie die analytische Tätigkeit mehr und mehr durch die synthetische abgelöst wird. Zunächst wurde die Atmosphäre auf ihre Bestandteile analysiert, der Gehalt an einzelnen Gasen wurde genau festgestellt. Im Laufe der Zeit kamen Forschungen über die Strahlenarten hinzu. Ferner bemerkte man mehr und mehr, daß in der Atmosphäre enthaltene korpuskulare Elemente (Staubteilchen) in mannigfacher Hinsicht von Bedeutung für den Gang der Sonnenstrahlen sind. Schließlich entstand die Idee, daß die Atmosphäre in gewissem Sinne gleiche Verhältnisse darbiete, wie ein Lebewesen. Sie enthält alle Zustandsformen, die wir gewohnt sind in einzelnen Zellen anzutreffen. Angefangen von Ionen bis zu im kolloiden Zustand vorhandenen Stoffen treffen wir in der Atmosphäre alle Zustandsformen in ihren mannigfaltigen Wechselbeziehungen an und wissen, daß eine Veränderung an irgendeiner Stelle sich im ganzen System in mannigfacher Weise auswirken muß. So ist der Begriff des Klimas mehr und mehr mit der Anschauung einer Summe von Einzelerscheinungen verknüpft worden. Es wird noch vieler Arbeit bedürfen, um die einzelnen Zustandsformen der Atmosphäre in ihren Wechselbeziehungen restlos zu erkennen. Vor allen Dingen bedarf das Studium der Sonnen- und Mondstrahlung noch eingehender Forscherarbeit. Wir wissen über das kurz Skizzierte hinaus, daß es unmöglich ist, ein Klima einzig und allein von der Zusammensetzung seiner Atmosphäre an allen einzelnen ihr zukommenden Bestandteilen aus zu beurteilen, vielmehr kommt die Wechselbeziehung zwischen Atmosphäre und der ganzen Umwelt sehr stark in Frage. Ein wundervolles Beispiel hierfür bietet das Tal, in das *Davos* eingebettet ist. Mit größtem Danke gedenken wir der Pionierarbeit von *Dorno*, der aus eigener Kraft und mit eigenen Mitteln für die Erforschung des Klimas und insbesondere des Höhenklimas ein unvergängliches Fundament geschaffen hat. Von seinem Institute aus sind Anregungen in die ganze Welt hinausgelangt, die sich mehr und mehr als fruchtbar erweisen.

In ganz besonders intensiver Weise erkennen wir, daß erst dann ein befriedigendes Ergebnis erzielt ist, wenn es uns geglückt ist, Einzelbeobachtungen in das ganze große Geschehen hineinzustellen, sobald wir die *Klimawirkungen auf die Organismenwelt* betrachten. Jedes Klima wirkt sich in der ihm ausgesetzten Organismenwelt in mannigfacher Weise aus. Wir haben ein entwicklungsmechanisches Experiment von allergrößtem Ausmaße vor uns. Es wird uns das ganz besonders eindringlich klar, wenn wir aus der Ebene in die Höhe aufsteigen. Je größere Höhen wir erreichen, um so mehr gelangen wir in Gebiete, für die bestimmte Daseinsformen charakteristisch sind. Wir verlassen die Baumgrenze und erklimmen Höhen, in denen nur

mehr Strauchformen vorhanden sind. Die bekannte Pflanzenwelt der Ebene ist verschwunden, und wir begegnen einer ganz neuen Flora, die unser Auge durch ihre kleinen Formen und ihre ganz besonders intensive Blütenpracht entzückt. Schließlich tritt auch diese Flora mehr und mehr zurück, und wir gelangen in ein Gebiet, das scheinbar ohne jedes Leben ist.

Von diesen Höhen schweift der Blick unwillkürlich in weite Zeiten zurück, und zugleich eilt er in die weite Zukunft voraus. Wir erkennen in weiter Ferne Städte mit ihrem brausenden Leben, wir sehen die Dunstwolke, die auf ihnen lagert. Da und dort erblicken wir Dörfer, umgeben von fruchtbaren Feldern. Wir ziehen unwillkürlich Vergleiche zwischen Stadt und Land und sehen vor unserm Auge die Entwicklung von einfachsten Siedelungen, wie wir sie jetzt noch in primitiver Weise in der Alpenwelt antreffen, zum Dorf und dann in rascher Entwicklung zur Anhäufung großer Menschenmassen auf engstem Raum in den Städten. Wir sehen vor uns Alpenbewohner mit einfachsten Anforderungen an das Leben und auf der andern Seite den Städter, der von Genuß zu Genuß jagt. Gleichzeitig erkennen wir von großerer Höhe herab, welche Motive es waren, Dörfer und Städte an bestimmten Stellen anzulegen. Ein Blick in die weite Ebene hinein lehrt uns in wenigen Momenten mehr als eine Fülle von lehrhaften Betrachtungen über Geschichte, Kultur usw. Es wird in gewissem Sinne die ganze Entwicklung der jetzigen Zeit aus einfachsten Anfängen in uns lebendig.

Der Gedanke an ein beständiges Werden und Vergehen wird besonders in uns geweckt, wenn wir unser Augenmerk auf die scheinbar leblose Umgebung richten. Bei aufmerksamer Betrachtung sehen wir, daß der scheinbar ewig unveränderliche Fels Einflüssen unterliegt, die ihn mehr oder weniger stark verändern. Wir sprechen von Verwitterung. Wir wohnen einem Kampfe verschiedener Einflüsse bei. Die Kohlensäure der Luft kämpft mit der Kieselsäure um den Besitz von Basen und umgekehrt. Karbonate werden von Kieselsäure zerlegt, und Kohlensäure, die vielleicht seit Jahrtausenden, ja Jahrmillionen gebunden war, wird frei. Sie kehrt in die Atmosphäre zurück und wird gelegentlich von einer Pflanze aufgenommen und unter Mitwirkung des Motors, der in letzter Linie für alle energetischen Vorgänge in der belebten und unbelebten Natur verantwortlich ist, nämlich der Sonne — mittels ihrer Strahlung — gebunden. Ihr Kohlenstoff ist nunmehr Bestandteil einer organischen Verbindung geworden, die mit andern Produkten des Zellinhaltes zusammen Anteil an bestimmten Lebensfunktionen nimmt. Die Pflanze, die jenen Kohlenstoff enthält, hat eine beschränkte Lebensdauer. Sie verwelkt und vermodert dann. Zahlreiche Lebewesen und vor allen Dingen Mikroorganismen zerstören den wundervollen Bau jeder einzelnen Zelle. Darüber hinaus wird die Struktur der organischen Verbindungen in tiefgehender Weise verändert. Schließlich bleiben Produkte übrig, die in keiner Weise an den ursprünglichen Bau der einzelnen Verbindungen und

der Struktur der Zellen, der Organe und des gesamten Organismus erinnern Es sind Kohlensaure, Wasser, Ammoniak Mineralstoffe usw entstanden Alles Produkte, die neuen Pflanzen als Ausgangsmaterial zu ihrem Aufbau dienen konnen Die Kohlensaure gehort wiederum der Luft an, sofern sie nicht durch Basen im Boden festgehalten wird Es kann jedoch auch der Fall eintreten, daß unter vorhandenen besondern Bedingungen die restlose Ueberfuhrung der organischen Substanz der Pflanze in die genannten Produkte unterbleibt Es kommt zur Bildung von Torf, von Kohle usw Auch so kann Kohlenstoff jahrtausendelang dem Wechselspiel zwischen unbelebter und belebter Welt entzogen bleiben bis durch Verbrennung einerseits Kohlensaure dem Kreislauf zuruckgegeben wird, und andererseits Energie zum Vorschein kommt die nichts weiter darstellt als verwandelte Sonnenenergie!

Die Pflanze kann jedoch auch ein anderes Schicksal haben Die tierischen Organismen sind alle auf die Pflanzenwelt als einziger Quelle von organischer Substanz und von Energie angewiesen Die in den Pflanzenzellen in chemische Energie verwandelte Sonnenenergie wird im tierischen Organismus bei den Spaltungs und Oxydationsvorgangen frei Unsere Korperwarme ist umgewandelte Sonnenenergie, und unsere Muskelmaschine treiben wir gleichfalls mit solcher Nach tiefgehender Umwandlung der Zellbestandteile der Pflanzen im Magen und Darmkanal ubernehmen wir bestimmt geformte Bausteine die im Blutkreislauf den einzelnen Korperzellen zur Verfugung gestellt werden Es beginnt der Bau von Zellmaterial besonderer Struktur Der Stoffwechsel setzt ein Aus organischen Verbindungen gehen Kohlensaure und Wasser und bei der Umwandlung von Eiweiß außerdem Harnstoff usw hervor Die Ausscheidungsprodukte Kot und Harn geben nach umfassender Umarbeit — bewirkt durch die Mikroorganismenwelt des Bodens — der Pflanze wieder Ausgangsmaterial zur Bildung neuer Zellen So sehen wir in großen Zusammenhangen unbelebte und belebte Natur auf das Engste verknupft Wir sehen wie die einzelnen Elemente und Verbindungen von der Pflanze zum Tier gelangen und von diesem wiederum der Weg zur Pflanzenwelt fuhrt, wobei die Mikroorganismenwelt die Vermittlung ubernimmt und jenes Baumaterial zurecht zimmert, das fur die Pflanzenwelt das geeignete ist Unwillkurlich wird vor unsern Augen der uns feindlich erscheinende Tod vom Leben uberwunden Vor unsern Augen rollt sich das ewige Leben ab Stoff und Energie sind in ihrer Menge unabanderlich Der Kreislauf der letztern fuhrt uber die Erde hinaus in das Weltall hinein Energie strahlt in dieses von der Erde zuruck und tritt in Wechselbeziehung zu energetischen Vorgangen anderer Planeten

Die kurz skizzierten Gedankengange die wohl jedem, der einsam in großer Hohe all das auf sich einwirken laßt, was Berg und Tal zum Ausdruck bringen, zum Bewußtsein kommen mahnen uns immer wieder bei jeder einzelnen Erscheinung die uns in der Natur entgegen

tritt, nach Zusammenhängen und Wechselbeziehungen zu suchen. Wir dürfen als Kennzeichen der jetzigen Einstellung der ganzen biologischen Forschung das Suchen nach solchen betrachten. Genau so, wie wir das eben für die Erforschung des Klimas als solchem gekennzeichnet haben, beginnt auch das Studium der Einwirkung des Höhenklimas auf die Organismenwelt mit ganz speziellen Einzelfragen. Sie schließen sich an Beobachtungen an, die im Jahre 1877 der hervorragende französische Physiologe *Paul Bert* gemacht hat, und die in der Folgezeit von einer Reihe von Forschern (*Viault, Münzer* u. a.) vertieft worden sind. Es handelt sich um die Feststellung, daß bei Individuen, die sich in größern Höhen aufhalten (über 2500 m), das Blut ein größeres Bindungsvermögen für Sauerstoff aufweist. Nun enthält das Blut entsprechend den physikalischen Möglichkeiten nur wenig freien Sauerstoff. Er ist im Blutplasma gelöst enthalten. Der bei weitem größte Teil des Sauerstoffes kommt in chemischer Bindung im Blute zum Transport, und zwar ist er mit dem Blutfarbstoff verbunden. Diese Sauerstoffbindung, genannt *Oxyhämoglobin*, ist unter bestimmten Bedingungen *leicht in Hämoglobin und Sauerstoff spaltbar*. Die rechte Herzkammer läßt mit jedem Herzschlag Blut, das reich an Hämoglobin ist, den Lungen zufließen. Hier wird das sogenannte venöse Blut in einer außerordentlich großen Oberfläche, nur durch eine ganz dünne Scheidewand getrennt, Luft gegenüber gestellt, die in den sogen. Lungenalveolen enthalten ist. Es findet nun ein lebhafter Gasaustausch statt. Sauerstoff wird aufgenommen und Kohlensäure abgegeben. Nach allen vorliegenden Erfahrungen vollzieht sich der Gasaustausch nach den Gesetzen der Gasdiffusion, das heißt jedes einzelne Gas wandert vom Ort des höhern Druckes nach dem Ort des niedern Druckes (*A. Loewy, N. Zuntz* u. a.). Nun kehrt sauerstoffreiches (arterielles) Blut nach dem linken Vorhof zurück. Von da gelangt es zur linken Herzkammer, und nunmehr wird Blut mit einem großen Vorrat an gebundenem Sauerstoff allen Zellen des Körpers zur Verfügung gestellt. Bei jedem Herzschlag wirft die linke Herzkammer arterielles Blut aus. In den Geweben macht sich wiederum das eben erwähnte Gesetz der Gasdiffusion geltend. Sauerstoff wandert in die Gewebe hinein, und aus diesen diffundiert Kohlensäure in das Blut. All das vollzieht sich in dem gewaltig großen Kapillargebiet des Kreislaufsystems.

Je höher wir von der Ebene aus aufsteigen, um so mehr verringert sich der Sauerstoffgehalt der Luft. Nun hatte man in Laboratoriumsversuchen gefunden, daß infolge der Einrichtung der Sauerstoffbindung an Hämoglobin der Sauerstoffdruck in der eingeatmeten Luft in ziemlich weiten Grenzen schwanken kann, ohne daß Erscheinungen des Sauerstoffmangels eintreten (*Regnard, Fraenkel, Geppert* u. a.). So erschien denn die Beobachtung einer gesteigerten Sauerstoffbindung bei Individuen, die sich in größern Höhen aufhalten, nicht ohne weiteres verständlich. Die Möglichkeit einer größern Aufnahme von Sauerstoff wurde durch die Beobach

tung erklart, daß die Zahl der roten Blutkorperchen und damit die Menge des Blutfarbstoffes beim Uebergang in großere Hohen ansteigt

Die erwahnten interessanten Beobachtungen fanden nicht die Aufmerksamkeit, die sie sicherlich verdienten Es lag das wohl zum Teil daran, daß zunachst nur Beobachtungen in sehr großen Hohen vorlagen, und ferner nur das einzelne Moment der vergroßerten Sauerstoffbindung im Blute in den Vordergrund geruckt war Dem leider viel zu fruh verstorbenen genialen Basler Physiologen *Miescher* entging die große Bedeutung der Feststellungen der genannten Forscher nicht Er nahm die ganze Forschung auf breiter Grundlage auf Sein Schuler *Egger* benutzte seinen Aufenthalt in *Arosa* (1891) wo er Heilung suchte und auch fand, um das Verhalten des Blutes im Hohenklima zu studieren *Miescher* erkannte sofort, daß insbesondere die fur die Blutfarbstoffbestimmung vorhandene Apparatur unzulanglich war Er verbesserte den vorhandenen Keil-Hamoglobinometer *Egger* bestatigte die Beobachtungen der franzosischen Forscher Von ganz besonderer Bedeutung wurden weitere Versuche, die *Miescher*'s Schuler *Suter* *Karcher* *Veillon* und *Jaquet* durchfuhrten Es ergab sich der außerordentlich uberraschende Befund daß die Zunahme der Zahl der roten Blutkorperchen bereits in geringen Hohen einsetzt und eine Anpassung an die Große der Hohe erkennen laßt Es wurde so eine außerordentlich feine Einstellung der Blutbildung auf den Sauerstoffgehalt der Luft entdeckt

Miescher hat am 28 Oktober 1893 in Olten aus Anlaß einer Versammlung der Schweizer Aerzte (Zentralverein schweizerischer Aerzte) die von ihm und seinen Schulern erhaltenen Ergebnisse mitgeteilt In jenem Vortrag kommt die ganze uberragende Bedeutung *Miescher*'s zum Ausdruck Er betrachtete die Einwirkung des Hohenklimas auf den tierischen Organismus und den Menschen nicht nur vom Standpunkt des Verhaltens des Blutes aus, vielmehr bemerkte er eine Veranderung der *Atmung* und mit ihr war selbstverstandlich auch eine Beeinflussung des gesamten Kreislaufes verknupft, sind doch Atmung und Kreislauf in ihren Funktionen unmittelbar verkoppelte Systeme

Der Befund einer Zunahme der roten Blutkorperchen im Hohenklima gab zu großen Diskussionen Anlaß Es erhoben sich Zweifel, ob die beobachtete Vermehrung eine absolute sei Es wurde der Moglichkeit gedacht, daß durch eine veranderte Verteilung der roten Blutkorperchen im gesamten Gefaßsystem eine absolute Blutkorperchenvermehrung vorgetauscht sein konnte Es konnte dann durch Bestimmung des gesamten Blutfarbstoffgehaltes von Tieren, die aus der Ebene ins Hochgebirge (St Moritz) verbracht worden waren, und die unter genau denselben Ernahrungsbedingungen standen wie die Tiere der gleichen Art und der gleichen Wurfe, die in der Ebene (Basel) zuruckgehalten wurden, gezeigt werden, daß ohne jeden

Zweifel eine absolute Blutfarbstoffvermehrung beim Aufenthalt in großern Hohen eintritt Von großer Bedeutung sind in dieser Hinsicht auch die Beobachtungen von *Franz Muller* der an Hunden zeigen konnte, daß die Zahl der kernhaltigen roten Blutkorperchen beim Uebergang aus der Ebene in großere Hohen eine Zunahme erfahrt

Wir verdanken auf diesem Gebiet die erfolgreichsten Versuche in der Neuzeit *Burker* Er hat die ganze Methodik der Blutkorperchenzahlung und der Hamoglobinbestimmung ganz außerordentlich verbessert Seine systematischen Untersuchungen uber die Beziehungen der Oberflache der Blutkorperchen zum Hamoglobingehalt haben ein Fundament geschaffen von dem aus sich die ganzen Fragen der Wirkungen des Klimas auf die Blutkorperchenneubildung und die damit verknupfte Blutfarbstoffbildung in viel exakterer Weise als fruher beantworten lassen Er hat gezeigt, daß die Vermehrung der roten Blutkorperchen im Hochgebirge nicht unbedingt, wie das vielfach angenommen wurde, fast plotzlich eintritt, und ebenso konnte er nachweisen, daß bei der Ruckkehr in die Ebene sich unter Umstanden uber langere Zeiten Nachwirkungen feststellen lassen

Immerhin bleiben noch viele Fragestellungen offen Es interessiert uns nicht nur die Vermehrung der roten Blutkorperchen und des Hamoglobins, wissen wir doch daß eine einzelne Veranderung im Organismus kaum je anzutreffen ist vielmehr bedingt eine Umstellung an der einen Stelle zwangslaufig zahlreiche *Anpassungsreaktionen* Es mußte wenn die Zahl der roten Blutkorperchen ansteigt, die Viskositat des Blutes zunehmen Dadurch wurde dem Herzen eine ganz betrachtliche Mehrarbeit erstehen Die Beobachtung zeigt daß der Wassergehalt des Blutes sich andert Es ist ferner festgestellt, daß die Reaktion des Blutes nach der sauren Seite hin verschoben wird Gewiß wird man beim genauern Studium der physikalisch chemischen Eigenschaften des Blutes und insbesondere bei der Verfolgung des Gehaltes an bestimmten Ionen im Blute noch mancherlei Veranderungen entdecken, die alle im Dienste einer Anpassung an die besondern Bedingungen des Hohenklimas stehen Ich hatte gehofft selbst einige Ergebnisse auf dem erwahnten Gebiet mitteilen zu konnen, es war namlich geplant, die ingeniose Methode der Anlegung von Blutgefaßfisteln die wir *London* in St Petersburg verdanken in den Dienst der Hohenklimaforschung zu stellen Es handelt sich dabei um Tiere bei denen unmittelbar mit der Gefaßwand verbunden, ohne diese jedoch zu eroffnen, Metallkanulen verbunden sind, deren oberes Ende uber die Haut herausragt Man kann dann jederzeit diese Rohrchen als Fuhrung benutzen und mittels einer Pravazspritze Blut aus den verschiedensten Gefaßgebieten gleichzeitig entnehmen Die gesetzte kleine Wunde schließt sich von selbst Leider haben die politischen Verhaltnisse die gemeinsam gedachte Arbeit bis jetzt verunmoglicht Es ist jedoch zu hoffen daß die Versuche noch in diesem Herbst zur Durchfuhrung kommen

Zu großem Nachdenken fuhrt die folgende Beobachtung, die kurzlich *Barcroft* mitgeteilt hat Er wollte mit mehreren Mitarbeitern die Einwirkung des Aufenthaltes in großern Hohen auf den Organismus des Menschen studieren Er begab sich deshalb nach den Anden Er interessierte sich vor allen Dingen fur den Einfluß des Hohenklimas auf die *Blutmenge* Zu diesem Zweck machte er wahrend der Reise auf dem Meere Grundversuche, um ein Maß fur die im Hohenklima gemachten Befunde zu haben Dabei bemerkte er, daß die Blutmenge großen Schwankungen unterworfen ist Diese Feststellung fuhrte zu genauen Studien uber den Einfluß bestimmter Bedingungen auf die Blutmenge Es wurde gefunden, daß diese mit steigender Temperatur zunimmt Nun war folgende, außerordentlich wichtige Feststellung gemacht worden Laßt man Kohlenoxyd einatmen und untersucht dann den Gehalt des Blutes an diesem Gase, dann findet man in allen Gefaßgebieten Kohlenoxyd gebunden an Blutfarbstoff, dagegen kann dieses Gas im Blut, das der *Milz* entnommen wird, vollkommen fehlen Es ist dies dann der Fall, wenn das Blut kurze Zeit nach erfolgter Kohlenoxydeinatmung entnommen und untersucht wird Wird nun bei einem Tier, das Kohlenoxyd eingeatmet hat, durch Einatmung von Sauerstoff jenes Gas wieder verdrangt, dann findet man wenn im Blut des ubrigen Kreislaufes kein Kohlenoxydhamoglobin mehr anzutreffen ist noch solches im Milzblut Diese Befunde zeigen, daß die Milz nicht wie andere Organe, in den Kreislauf eingeschlossen ist, vielmehr stellen ihre Blutbahnen in gewissem Sinne einen Nebenanschluß dar Die Milz besitzt in ihrer Kapsel glatte Muskelfasern, mit deren Hilfe sie ihr Volumen andern kann Sie kann großere Mengen von Blut aufnehmen und zuruckhalten und umgekehrt bei Bedarf von Blut dem ubrigen Kreislaufsystem solches abgeben So erklaren sich die Schwankungen der Blutmenge Diese Feststellungen mussen unter allen Umstanden bei jeder Bestimmung der Blutmenge berucksichtigt werden Der erhobene Befund eroffnet manche Ausblicke und laßt manche bisher recht ratselhaften Feststellungen verstandlich erscheinen Es ist ganz gut denkbar, daß die anfangliche Zunahme der roten Blutkorperchen beim Uebergang von weniger großen in großere Hohen von der Milz aus bestritten wird Ebenso ist es moglich, daß die beobachtete rasche Abnahme der Zahl der roten Blutkorperchen beim Uebergang in die Ebene, ohne daß eine entsprechende vermehrte Zerstorung von solchen und von Blutfarbstoff feststellbar ist sich dadurch erklaren laßt, daß die Milz aus dem allgemeinen Kreislauf Blut aufnimmt und speziell rote Blutkorperchen zuruckhalt Es ware von großem Interesse das Verhalten des Milzvolumens beim Uebergang aus der Ebene in großere Hohen und umgekehrt zu verfolgen

Hier sei zweier wichtiger Beobachtungen gedacht, die wir *A Loewy* verdanken Einmal konnte er zeigen, daß Erscheinungen die unter der Einwirkung des Hohenklimas zutage treten, ruckgangig gemacht werden konnen, indem der Sauerstoffdruck erhoht wird So

läßt sich die bei manchen Personen beim Aufenthalt in größern Höhen zu beobachtende Blutdrucksteigerung durch vermehrte Sauerstoffzufuhr bekämpfen. Gleichzeitig stellte er fest, daß diese Blutdrucksteigerung offenbar zentral vom Gefäßzentrum aus bedingt ist und sehr wahrscheinlich mit der oben erwähnten Verschiebung der Reaktion des Blutes zusammenhängt. Ferner hat, was besonders bedeutungsvoll ist, *A. Loewy* darauf hingewiesen, daß man nicht allgemein von Sauerstoffmangel reden darf, vielmehr muß berücksichtigt werden, daß innerhalb jedes Organismus Zellen vorhanden sind, die ein ganz verschiedenes Sauerstoffbedürfnis aufweisen. So wissen wir, daß vor allen Dingen das Nervensystem besonders empfindlich gegenüber Sauerstoffmangel ist. Es kann somit ein ganz bestimmter Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft vollkommen ausreichend für viele Organe sein, während andere unter Sauerstoffmangel leiden. Man wird in Zukunft diesen außerordentlich bedeutsamen Gedankengängen mehr nachzugehen haben.

Ein weiteres Gebiet, das eingehend erforscht worden ist und jetzt wieder mehr und mehr in Fluß kommt, ist die Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf den *Stoffwechsel*. Es sei auf die außerordentlich wichtigen Untersuchungen des hervorragenden italienischen Forschers *Mosso*, auf die grundlegenden Untersuchungen von *N. Zuntz*, *A. Loewy*, *v. Schrötter* und ihren Mitarbeitern, auf diejenigen von *Durig* und endlich auf diejenigen von *A. Jaquet* und *R. Staehelin* u. a. verwiesen. Es besteht kein Zweifel, daß die Einwirkung des Höhenklimas auf den Gesamtstoffwechsel bei verschiedenen Individuen nicht einheitlich ist. Man wird erst dann einen klaren Einblick in das Wesen der Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge erhalten, wenn die Erforschung des Zwischenstoffwechsels, der sich in den einzelnen Zellen vollzieht, weiter fortgeschritten ist. Wir sind überzeugt davon, daß das Klima und insbesondere das Höhenklima wie jede besondere Bedingung, Einfluß auf alle jene Organe besitzt, die als *Inkretionsorgane* bezeichnet worden sind und die gemeinsam mit dem vegetativen Nervensystem in feinster Weise die Stoffwechselvorgänge in den Zellen regulieren. Das Ergebnis einer Stoffwechseluntersuchung liefert uns eine Bilanz, deren einzelne Faktoren in mannigfaltiger Weise verändert sein können, ohne daß das in ihr zum Ausdruck kommt. Genau so wie wir bei einer Geldbilanz Einnahmen und Ausgaben in den einzelnen Posten in einer unübersehbaren Fülle von Möglichkeiten abändern können, ohne daß das Gesamtergebnis eine Veränderung erfährt, ebenso können in den Zellvorgängen ungezählte feinere Vorgänge in bestimmter Richtung verschoben sein, ohne daß uns das Endergebnis eines Bilanzversuches etwas davon berichtet.

Ein Problem von grundlegender Bedeutung ist, ob *wir für die Wirkungen des Höhenklimas nur den Sauerstoffgehalt der Luft in Betracht ziehen dürfen*. Es spricht sehr vieles dafür, daß das nicht der Fall ist. Es sind ohne Zweifel mannigfache Faktoren, die ihre

Wirkung auf den Organismus entfalten. Besonders eingehend ist in letzter Zeit die Einwirkung bestimmter Strahlenarten auf den tierischen Organismus studiert worden. Vor allen Dingen sind die ultravioletten Strahlen ohne Zweifel von großer biologischer Wirksamkeit. Wir wissen vor allen Dingen dank der Forschung von *Dorno*, daß für die Pigmentierung der Haut nur die genannten Strahlen in Betracht kommen. Groß ist die Zahl der Beobachtungen über den Einfluß bestimmter Strahlen auf chemische Reaktionen und ebenso auf physikalisch-chemische Systeme. Von ganz besonderer Bedeutung sind die Beobachtungen von *Heß*, der nachweisen konnte, daß Fettarten, die nicht imstande waren, Tiere, bei denen experimentell Rachitis hervorgerufen war, im Sinne einer Heilung des gestörten Knochenwachstums zu beeinflussen, eine solche Wirkung zeigten, sobald man sie mit ultraviolettem Licht bestrahlte. Es ist weiterhin gelungen, Cholesterin durch die erwähnte Bestrahlung zu aktivieren. *Euler* berichtet gleiches vom Glycerin. Auch von andern Stoffen liegt die Beobachtung vor, wonach durch die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht antirachitische Eigenschaften hervorgerufen wurden. *Sonne* hat mitgeteilt, daß nicht antirachitisch wirksame Oele ohne Einfluß auf die photographische Platte sind, während bestrahlte diese beeinflussen. Es handelt sich dabei offenbar um Gase, die zur Abgabe gelangen und die einen chemischen Einfluß auf bestimmte Bestandteile der photographischen Platte ausüben. Diese Feststellungen erinnern mich an Beobachtungen, die ich vor einiger Zeit (Pflüger's Archiv 176, 241. 1919) mitgeteilt habe. Ich konnte zeigen, daß Schmetterlinge, die durch ein dünnes Seidenpapier von der photographischen Platte getrennt auf diese aufgelegt wurden, ein Bild erzeugten. Wiederholung dieser Beobachtungen mit Schmetterlingen, die im Dunkeln aus ihrer Puppe ausgeschlüpft und solchen, die schon einige Zeit aufbewahrt worden waren, zeigten ein negatives Resultat. Auch sonst ließ sich der erhobene Befund nicht immer nachweisen. Ich werde diese Beobachtungen weiter verfolgen. Es ist leicht möglich, daß sie in unmittelbarem Zusammenhang mit den Feststellungen von *Heß* stehen.

Es sei ferner der folgenden außerordentlich wichtigen Beobachtung gedacht. Bekanntlich hat *Krogh* nachgewiesen, daß die Anzahl der Blutkapillaren in engstem Zusammenhange mit dem Funktionszustande der Organe steht. Er konnte zeigen, daß ein ruhender Muskel bedeutend weniger Blutkapillaren aufweist als ein tätiger, das heißt mit andern Worten, es werden, wenn ein bestimmtes Gewebe keine besondern Ansprüche zu erfüllen hat, zahlreiche Blutkapillaren außer Betrieb gesetzt. Dieser Umstand gibt zu denken und fordert dazu auf, vor allen Dingen das Verhalten der Hautkapillaren im Höhenklima vom Gesichtspunkt einer Anregung des Zellstoffwechsels und einer dadurch bedingten größern Anforderung an das lokale Kreislaufsystem zu betrachten.

Ferner ist von großer Bedeutung, daß die Kapillaren in ihrer Weite für sich eine Veränderung erleiden können. Nun ist festgestellt worden, daß, wenn die Haut mit ultravioletten Strahlen bestrahlt wird, eine Reaktion erfolgt. Wir haben oben schon von dem Auftreten von Pigmenten gesprochen. Wenn alle Erscheinungen der Bestrahlung scheinbar verschwunden sind, so kann durch mechanische Reizung ausfindig gemacht werden, welche Hautteile seinerzeit den erwähnten Strahlen ausgesetzt worden waren. Es zeigen nämlich die Blutkapillaren auf sehr lange Zeit hinaus eine erhöhte Reaktion auf Reize. Diese Beobachtung lehrt uns, bei der Abschätzung der Einwirkung der einzelnen Klimafaktoren auf den Organismus sehr vorsichtig zu sein. Da, wo wir glauben, berechtigt zu sein, jeden Einfluß zu verneinen, kann morgen schon eine Tatsache zum Vorschein kommen, die zeigt, daß wir vielfach nur deshalb auf bestimmte Fragen keine Antwort erhalten, weil sie verkehrt oder aber nicht scharf genug gestellt sind.

Die Erforschung der Einwirkung des Höhenklimas auf die Organismenwelt rollt die gesamten biologischen Probleme auf. Handelt es sich doch in Wirklichkeit einfach um die Frage der Reaktion von Lebewesen auf bestimmte Bedingungen. Ueberall im ganzen Zellleben handelt es sich um einen Kampf um Gleichgewichte. Wir können uns jede Zelle, die Gewebsflüssigkeit, das Blut usw. als ein physikalisch-chemisches System vorstellen. Die Zeiten sind nicht mehr allzu fern, in denen die Strukturformeln, die wir für bestimmte Verbindungen aufstellen, ergänzt sein werden durch andere, die weit darüber hinaus die gesamten physikalisch-chemischen Strukturen eines bestimmten Milieus umfassen. Die Einzelverbindung, die wir, um ihre Struktur und ihre Funktion kennen zu lernen, aus dem Zusammenhang mit andern Zellinhaltsstoffen herausgelöst haben, wird mehr und mehr zurücktreten. Weder die Zellen noch das Blut usw. enthalten für sich funktionierendes und für sich bestehendes Eiweiß, Kohlehydrat, Fett usw., vielmehr stehen alle Zell-, Blut- und Lymphinhaltsstoffe mit Einschluß der Mineralstoffe in engsten Wechselbeziehungen zueinander, und nur ihr gemeinschaftliches Wirken vermag die Zellfunktionen verständlich zu machen. Die Zelle hat außerordentlich viele Möglichkeiten des Ausgleichs und der Anpassung. Fortwährend wird bald da, bald dort ein bestehendes Gleichgewicht nach dieser oder jener Richtung verschoben. Sofort kommt es zu Gegenmaßnahmen. Treffen wir auf der einen Seite auf Bestrebungen, die die großen Zusammenhänge der ungezählten Wechselbeziehungen zwischen den Vorgängen in Einzelzellen und darüber hinaus zwischen denen aller Elementarorganismen eines gesamten Organismus aufzuklären trachten, so ist die Zeit auf der andern Seite nicht mehr fern, in der man auch die Struktur der Atome mit zur Erfüllung der Wirkung einzelner Zellinhaltsstoffe heranziehen wird. Die so außerordentlich rasch emporblühende Atomphysik wird bald für die Biologie fruchtbar werden.

Wenn ich noch einen andern Punkt hervorheben soll, der fur die moderne Forschung von großter Bedeutung geworden ist, so ist es die Feststellung der außerordentlichen Bedeutung der Wirkung von Spuren von Stoffen Wir wissen daß in unserm Organismus weder die Korpertemperatur, noch die Reaktion in den Zellen und im Blute usw noch der Gehalt an einzelnen Ionen konstant ist, vielmehr finden innerhalb ganz geringer Breiten bestandig Aenderungen statt Unsere Methoden sind vielfach zu grob, um ihnen in ihrer Feinheit folgen zu konnen Wir wissen aber, daß alle diese feinsten Verande rungen maßgebend fur das ganze Zellgeschehen sind Man wird bei der Hohenklimaforschung dieser Spuren gedenken mussen Sie konnen Folgen von ganz außerordentlichem Ausmaße zeitigen

Hat die Hohenklimaforschung fur die gesamte Biologie außer ordentlich viele Anregungen gebracht, so erscheint sie mir daruber hinaus berufen zu sein *ein neues Fundament fur die Auffindung von latenten Storungen im Organismus zu sein* Ich mochte von *Be lastungsproben* sprechen Es kann ein Organismus so beschaffen sein, daß er bei den gerade vorhandenen Anspruchen keine Storungen zeigt Sobald jedoch die Anforderungen gesteigert werden vermag er sich nicht mehr an diese anzupassen So kann der Herzmuskel so be schaffen sein, daß er bestimmten Anforderungen, die an das Kreis laufsystem gestellt werden, durchaus gewachsen ist Erhohen sich diese jedoch, dann ergeben sich Storungen Wir bemerken daß viele Personen, ohne irgendwelche Storungen zu zeigen, aus der Ebene in großere Hohen ubersiedeln Andere dagegen weisen zu ihrem sehr großen Erstaunen mannigfache Storungen, wie Schlaflosigkeit Kurzatmigkeit, gesteigerten Blutdruck usw auf Die Belastungsprobe des Hohen klimas deckt ein herabgesetztes Anpassungsvermogen an verminderten Sauerstoffgehalt der Luft auf und gibt ohne weiteres Anlaß, nach zuforschen, worauf im einzelnen Falle das Versagen bestimmter Funktionen zuruckzufuhren ist *Man wird ohne Zweifel in Zukunft die bereits vorhandenen Belastungsproben erweitern und so das dia gnostische Rustzeug zur Erkennung bestimmter Storungen (vor allem der latenten) entsprechend vermehren*

Die Erforschung des Hohenklimas hat weit uber die rein wissen schaftliche Bedeutung hinaus großen Einfluß auf *hygienisch soziale Probleme* gewonnen Wir horen aus den Vortragen von *Hill Feer* u a, von welch' großer Bedeutung Luft und Licht fur die Entwicklung des Organismus sind Wir wissen daß nicht nur in den Stadten, sondern auch in Dorfern und vor allen Dingen auch solchen der Alpengegenden Wohnungsverhaltnisse vorhanden sind, die den ausreichenden Zutritt von Luft und vor allem von Sonnenlicht un moglich machen So werden ungezahlte Familien und vor allen Dingen deren Nachkommenschaft unter Lebensbedingungen gesetzt, die zwangslaufig die ganze Entwicklung des Organismus in die Bahn des Krankhaften drangen und daruber hinaus das kunftige Leben der heranwachsenden Jugend nicht voll zur Entfaltung gelangen lassen

Ueber den großen Stadten lagern Dunst- und Staubwolken und blenden an und fur sich viel Sonnenlicht ab. Die enge Bauweise tragt dazu bei, um ungezahlte Menschen vom Genuß von guter Luft und gutem Licht auszuschließen. Die Klimaforschung hat das große Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, daß der Organismus in weitaus hoherm Maße von den Bedingungen der Umwelt abhangig ist, als man das bis vor kurzem allgemein angenommen hat. So reifen aus der guten Tat, die die Graubundner Bevolkerung unter Fuhrung des weitsichtigen Landammanns *Branger* durch Grundung und Ausstattung des Davoser Institutes fur Hohenklimaforschung vollbracht hat, Fruchte heran, die fur die ganze Menschheit von großtem Werte sind.

The influence of sunshine and open air on health

By *Leonard Hill* from the National Institute for Medical Research, London

---

Ionisation We can find no evidence that the state of „Ionisation' of air has any influence on health Experiments carried out on cotton wool filters placed in ventilation ducts showed us that stuffiness was due to the enormous lowering of the cooling power of the air by such filters Given the same velocity and temperature of air the observers were unable to detect whether the air passed through the wool filters or not

We were unable to confirm the claim, that rickets could be prevented in young rats fed on a ricket producing diet by exposing them, in a chamber to air which had been previously radiated by ultra violet rays The beneficial effect has been traced to radiation of the saw dust in the chamber and to activation of phytosterol in it — any sterol yielding on ultra violet radiation the anti rachitic substance minute amounts of which eaten by the rats suffice to prevent rickets The prevention of rickets by such radiation of rats or children is then probably due to activation of cholesterol in the skin

We find that ultra violet radiation causes the minimal amount of phosphorus or calcium, in a deficient diet, which is necessary for normal bone building to be absorbed from the alimentary canal The antirachitic substance in cod liver oil which can be induced in other oils by radiation is not vitamine A but activated cholesterol Radiated oils do not give off ultra violet rays as has been claimed The error arose we believe through use of quart screens which fluoresce and effect photographic plates Ultra violet radiation improves growth egg laying fewer and fertility of fowls Good results appear to have come from giving tubercular children radiated milk It is possible that activated sterol is the agent in all these effects

The chemical purity of the air The lay public erroneously believe that the ozone content and chemical purity are of fundamental importance at mountain and sea side resorts Ozone exists in the highest regions of the atmosphere and limits by absorption ultra violet radiation of sunshine to 2900 A U At sea level the

evidence of the existance of ozone has been questioned Oxides of nitrogen are present and dissolved in the rain and dew offer a source of nitrogen which may be absorbed by the green leaf The Carbon dioxide content of the alveolar air of the lungs is kept con stant by the breathing mechanism at about 5 per cent and thus the small increase of this gas in ill ventilated rooms can have no effect There is less oxygen breathed in each litre of air at Davos a famous health resert, than in the most crowded room in London It is astonishing that our climbers have reached 28 000 ft on Mt Everest without the aid of oxygen The apparatus used by them delivered oxygen by a tube into the open mouth und thus could inappreciably raise the tension of oxygen dissolved in the blood, which tension is most important to the heart To get adequate help from oxygen breaths of the pure gas must be inhalated from a bag by the climbers

There is no evidence of a chemical poison being exhaled The ill effects of crowdy stuffy rooms are certainly not due to such

Microbic infection Catarrhal infections spread in crewded stuffy rooms Such infection is greatly lessened by open window ventilation as we showed by spraying a room with a weighed quantity of culture and exposing culture plates at intervals of time first with all windows shut and then with one open In Washington it was found recently that the hours lost by scholars due to ca tarrhs was on the average six times as numerous in plenum heated schools as in a school ventilated by open windows That experi mental infection of Influenza by close contact has failed is due probably to the fact that influenza is caused by a filter passing virus which is present for one day only in the nasal secretions, to be followed by secondary infections After the initial one day stage of chill the specific infectivity is over M Gordon has recently shown that this happens in the case of the virus of vaccinia with which he infected the nasal mucous membrane of, and produced catarrh in rabbits

We have no evidence that mere exposure to cold causes ca tarrhal disease The popular view that this is so is due to the chill and shivering that ushers in an infection, and to the prevalence of ma laria in past centuries and the hyper sensitivity of malarial patients to cold

The remarkable experiments of Chodounsky on himself and the general experience of those submitted to severe exposure in the war and of fishermen, ship wrecked people and arctic travellers show that catarrhs and pneumonia are not caused by cold Fatigue is much more to be feared and a lowering of resistence by a deficient in Vitamine by overfeeding diet and crowding in sunless stagnant and infected atmospheres

The Physiological Saturation deficit The expired air whatever be the temperature and humidity of the inspired air, is approxi

mately saturated at 33^0 C Cold aır even ıf saturated contaıns lıttle water by weıght, about 5 g per c m at 0^0 C agaınst 45 g at body temperature It can by reckoned then that on a cold day and sleepıng by nıght on a verandah, evaporatıon from the lungs mıght be 700 g of water, agaınst 300 for ordınary sedentary lıfe ın a cıty and 200 for a worker ın a warm humıd cotton mıll The total heat loss from the respıratory tract may be varıed from 150 Calorıes for the ordınary ındoor sedentary lıfe or half thıs ın a very humıd warm atmosphere, to 600 Calorıes for the vıgorous outdoor lıfe

The respıratory mucous membrane ıs thus ın outdoor lıfe far more thoroughly ırrıgated wıth arterıal blood and washed wıth se cretıon and thus defended from ınfectıon The hıgh coolıng power of movıng aır out of doors has also to be made good by a greater flow of arterıal blood through the parts of the face and the mu cous membrane of the nose, and ıts sınuses, and thıs ıs kept taut and the aır way free Congestıon of these parts ın stagnant warm moıst atmosphere causes stuffy feelıngs and headache The want of adequate cırculatıon and lymph flow through, and evaporatıon from the respıratory membrane must be conducıve to catarrhal desease and phthısıs Mıddle aged cotton spınners have a hıgh death rate from respıratory deseases Whıle ınfant mortalıty has been halved ın the last few decades nothıng has bene done to extend the expectatıon of lıfe of late mıddle age ın our manufacturıng cıtıes

At hıgh altıtude ın the Alps there ıs a greater volume of breathıng to make good the oxygen supply whıle the aır ıs cold and contaıns lıttle water by weıght, thus the respıratory membrane there keeps up ıts resıstance to dısease Baths, partıcular salt water by washıng the nose and throat keep up ımmunıty to catarrhs Sea water and sea fısh ın the dıet at the same tıme add ıodıne to the ıntake of the body

The coolıng power of the aır The depressıon of the basal metabolısm by too sedentary a lıfe ın a confined warm atmosphere lessens nervous health and vıgour and ıs a contrıbutary cause of tuberculosıs and other aılments, partıcularly of the alımentary or gans Growth may be stunded and rıckets and tuberculosıs ınduced by defıcıency of food ın qualıty as well as quantıty but also by depressıon of metabolısm by a confined and dark envıronment Dıs order of the dıgestıve organs ıs enhanced by the lack of that massage and vıgorous cırculatıon of well oxygenated blood, whıch results from muscular exercıce and deep breathıng We want neıther the excess of muscle of the prıze fıghter or of fat of the ındolent and over fed man, but the perfect neuro muscular condıtıon of the wıld anımal, and to gaın the rıght qualıtıes the metabolısm requıres to be ade quately stımulated by the coolıng power of the open aır, not reduced by the too close confinement ın schools and too long hours of seden tary occupatıon Crammıng ın rooms for competıtıve examınatıons

makes pale weeklings of growing boys and girls The old must not impose on the young the conditions of environment which suit them, neither must the windows be shut by the thin clad teacher accustomed to hot stuffy rooms Exposure to cold must not however be excessive and beyond the absorptive power which maintains the body heat loss and growth Exposure to cold gives the natural im pulsion to labour and the most energetic races are found in the cold regions of the earth But too high a cooling power makes the sedentary worker uncomfortable and puts him off work The tendency has been to overcloth and overheat rooms Artificial heated rooms should be regarded as injurious to vigorous health, they are but used successfully by farmers in the raising of stock The minimum of heat should be used which suffices to make sedentary work com fortable, and compensation for sedentary occupation taken by a daily period of open air exercise and sleeping in open verandahs or with wide open windows

While the heat production of the body is about 1700 Calories per diem at rest in the post absorptive state it rises to some 9000 when paddling about on the sea shore and 15 000 to 20 000 when swimming the British Channel To the increase of metabolism and exposure to sunlight the good of a seaside or mountain holi day is to be largely attributed

The dry bulb thermometer insensitive as it is to wind, is a poor guide to ventilation The katathermometer is better, giving a measure of the cooling power of the air acting on its surface, dry or wet at skin temperature, and affords a most sensitive anemo meter The cooling power is obtained by means of a factor in milli calories per sq cm per sec, and the velocity of the air by the use of a table In the Alps the dry kata cooling power as shown by Dorno is equable and moderate and the wet kata cooling power high owing to the high physiological saturation deficit The shaded cheek temperature is also low, indicating a high resting metabolism There is a close relation between cheek temperature, dry kata cooling power and the resting metabolism

Open air Sanatorium treatment of tubercular children puts up the basal metabolism above Benedict's standard figures from 50 to 100 per cent, and this rise occurs in the pigmented no less than in the unpigmented Children undergoing sea bathing in an English Sanatorium showed metabolism figures as high as those given by clothed children exposed to a very cold Alpine wind on a cloudy day For weakly children the exposure at the seaside may be too great, they do better inland Children whose basal metabolism has been put up by open air treatment continue to show a high rate when confined in a warm room They are tuned up and as is the case with Europeans on going to the tropics, it takes time to make the „fire of life“ burn feebly The native students of Singapore have a daily metabolism not equal to half that of an English student

The influence of light The infra red visible and longer ultra violet rays have no perceptible action on the skin or on bacteria so long as their heating effect is prevented Thus the concentration of the sun on the skin by means of a quartz lens, interposing a screen with parallel sides of quartz filled with a 3 % quinine solution has no effect so long as the skin is irrigated with cold water All rays shorter than 3300 A U are cut out by the quinine solution If a saturated uric acid solution 1 in 40 000 be used as the screen, and this is 6 cm deep, rays shorter than 3060 are cut out sun burn is then obtained due to ultra violet rays between 3300 and 3060 Using a xanthine solution which cuts out rays shorter than 2870 the sun burn effect is greater on clear days but scarcely so in the London suburban atmosphere With an arc lamp as the source of light a much greater difference appears when the xanthine screen is used in place of the uric acid

Using a powerful cadmium spark and quartz spectroscope erythema of the skin can be obtained from exposure to the 2750 and 2570 bands, but not in the case of the 2320 band The last band kills infusoria exposed to it in a drop of water ten times more quickly than the 2750 band Rays of this shortness are biologically very active but cannot penetrate the horny layer of the skin Hauser and Vahle, using a mercury vapour lamp and quartz spectroscope, and rays of the same energy value, showed that the 2970 band gave maximal erythema of the skin 3130 4 5 % of the maximal, 3020 58 %, 2890 30 % 2650, 19 % 2530 16 % The greatest effect is produced by the high sun rays, 3050—2950, but longer ultra violet rays, 3200—3050 if intense enough may of course produce severe sun burn and it is these rays which act most in the English climate with its high content of dust and vapour With arc lamps probably no rays shorter than 2400 penetrate the horny layer of the skin

According to modern theory the rays act in quanta and displace electrons from their orbits in the atoms thus setting up in living cells of the epidermis a secondary molecular reaction, which after a latent period produces erythema, oedema etc Only these rays which are absorbed by, have action on the epidermic cells The absorption of ultra violet rays by egg white and by amino acids such as tyrosin corresponds to the biologically active region of ultra violet ray The longest ultra violet rays and visible rays penetrate to the cutaneous blood and warm that — even heating it to 47,5° C as shown by Sonne and confirmed by us, when concentrated on the skin up to the limit of tolerance The red rays penetrate deeper and reaching the joints and muscles warm these Such local heating effect has a beneficial result just as hot fomentations and diathermy have Dark heat rays are absorbed mostly by the superficial moist layers of the skin and heat the cutaneous blood much less than visible rays do Radiant visible heat of a fire is

therefore preferable to the dark heat of a steam coil Over heating of tubercular and particularly febrile patients should be avoided Exposure should not be in hot sun boxes, but in cool open air and to sky shine, or early morning direct sun It is quite easy to heat the fur of a rabbits head to 150° F and its brain to 105° F by exposing it to the sun or an arc while shading the body and keeping te rectal temperature at 100° F Sunstroke may be caused by local heating of the head while heat stroke results from heating of the whole body through failure of the sweat mechanism A wet sheet and a fan supplying this mechanism artificially prevents heat stroke All cases were thus prevented in the war hospitals in Mesopotamia, the failure to sweat being detected by visitation of each patient twice daily

The middle ultra violet rays act on the living cells of the epi dermis scarcely penetrating to the most superficial cutaneous blood vessels The longer middle rays penetrate to the deepest stratum and the shorter middle rays to the superficial stratum of living cells The short ultra violet rays e g shorter 2400 do not penetrate the horny layer and have therefore no action The whole range of middle ultra violet rays appear to have the same kind of effect on the living cells — a clumping together of granules due to alteration of electrical charge followed by death and disruption of the cell J E Barnard uses a quartz lensed microscope and ultra violet rays to photograph and to exhibit the structure of living cells, yeasts bacteria, the new cancer virus etc Over action of tho rays pro duces granulation quickly in these minute organism One anthrax bacillus screens another from the action of the short rays, so slight is the penetration There is no evidence that the various artificial sources of ultra violet radiation have any different effect on the epidermis other than that depending on mere superficial or deeper penetration The amount of subsequent pigmentation depends on the depth of penetration, and probably in the case of the sun also on the heating effect of the visible rays

One clinician uses lamps weaker in ultra violet rays and stronger in heating effect, and gives long exposures another just the oppo site One believes in securing pigmentation, another avoids it All alike seem to secure curative effects Some minimal dose of active ultra violet rays is required and the need of the mo ment is to find out the most economical method of securing this dose The haemo bactericidal power of the blood, tested in vitro, increases when the dose of ultra violet radiation is sufficient to produce erythema By ultra violet radiation of a little blood in a quartz flask, rotated so as to secure a thin film and the return of this blood to the animal the haemo bactericidal power of its blood can also be put up, although this power is destroyed in the blood which was radiated Heat and mustard poultices which pro-

duce a lasting erythema also put up this power An over dose of sun may lower it It is very low and cannot be put up in septicaemic states by radiation of the skin — a warning against sun treatment in acute febrile conditions Ultra violet radiation of the skin has, we find, no effect on specific antigens, e g on the content of the blood in typhoid agglutinius or diphtheria antitoxin All such antigens are destroyed when the blood itself is radiated in thin film The epidermis offers a vast field of living cells exposed to the insults of the world Such insults seem to provoke the immunizing powers Excessive damage and reaction is harmful, producing shock, a small amount stimulating and useful If the body is fighting an acute disease, reactions in the skin set up by radiation may be harmful, while most useful in chronic infections and states of debility

Owing to the small penetration of the ultra violet rays we must assume that in lupus nodules bacilli are not directly killed by local radiation, but destroyed by the subsequent reaction and heightened immunising power How slight is the penetrating power of the biologically active ultra violet rays is not always sufficiently realised A layer of guinea pigs mesentery spread over a quartz cell containing infusoria will prolong the killing time of the mercury vapour lamp from say 5 to 80 minutes A film of desquamating epithelium or blood painted on the skin protects it from ultra violet rays Infusoria protected by the cornea of the eye of a cat are found unharmed after an hour's exposure close to the mercury vapour lamp Few of the active ultra violet rays reach the lens and none the retina Only the longer ultra violet rays penetrate to it together with the visible rays It is suggested that cataract may be caused by sensitisation Fish with salts of silicon or calcium added to the water of the aquarium have opacities develope in the cornea The sensitisation to visible rays with haematoporphyrin, eosin and other dyes is well known and is due to union of the sensitiser with the cell protoplasm and a consequent absorption of visible rays A remarkable crowding of leucocytes with formation of thrombi occur in the blood vessels of the sensitised mesentery exposed to rays through a quinine screen and irrigated with Ringer solution so as to keep it cool The normal mesentery is unaffected by concentrated visible rays We have failed to find evidence that the local treatment of lupus with ultra violet rays is improved by painting the skin with eosin Intradermal injection might perhaps succeed Injection of haematoporphyrin so as to sensitive tissues, and not the blood, might be useful Melanin, which is particulate in the cells is not a sensitiser, but a screen protecting the epidermic cells and the blood from over radiation By absorbing and converting rays into heat Melanin brings about stimulation of the nerve endings in the epidermis, and this excites sweating, which in its turn protects from over heating

Some claims have been made that the biological action of the ultra violet rays is interferred with by the simultaneous action of longer rays infra red or visible Prolonged and we believe more exact experiment has convinced us that no such interference occurs At first we thought we obtained some slight interference in the case of infusoria exposed to red rays in addition to the mercury vapour lamp They seemed to move actively for a little longer time than without the red rays We later convinced ourselves that im mobility and death took place in the same time whether red rays were used or not The same conclusion was reached on studying (1) the effect of ultra violet rays, with and without visible rays, on the mesentery (2) the frog's stomach the large intestine of the frog and rabbit and the non pregnants guinea pig s uterus (3) the resting metabolism of rabbits and man We wholly failed to confirm the claims recently made that visible rays antagonise the excitatory effect of ultra violet rays on the stomach, intestine and uterus These rays have no effect on the resting metabolism

Some immunity to a second exposure is set up in the epidermis within a few hours after the first exposure This we believe is due to coagulation of the surface layer of living epidermic cells and consequent thickening of the screen of horny cells Oedema contri butes to this thickening Just after desquamation the thinner skin is very sensitive to radiation while it is most insensitive while covered with the desquamating layer These facts should be borne in mind when arranging the periods of treatment In the choice of a garment if any is to be worn during light treatment, an ar tificial silk material thin and open mesled screens off least ultra violet rays, but with even such the loss is at least 50 per cent

Window glass, clothing and smoke pollution screen off almost all ultra violet radiation from our citizens in winter Hence the development of rickets in winter Owing to smoke pollution in our big cities the ultra violet rays are cut down to one half, or a third, of their value in clean country places To measure these rays a standard acetone methylene blue solution is exposed in a standard quartz tube to the uninterrupted sun and sky shine each day and the fading of the blue measured against a set of standard blue tubes The scale is biologically standardised One degree on it sig nifies two to four times the erythema dose (skins varying in sen sitivity) The acetone blue absorbs all rays shorter than 3600 In England some comparative ultra violet readings with the quartz tube immersed respectively in distilled water, quinine solution and uric acid solution were 4 1, 3 Daily records are now being taken at many stations We find that the sky shine, as pointed out by Dorno, gives much more ultra violet radiation than the direct sun By using a disc at the end of the pole as a screen from the hot sun, a patient can secure skyshine and the cool conditions advantageous for him

Every effect should be made to prevent smoke pollution and to secure adequate exposure of the skin to ultra violet rays While seeking for smokeless fuel, arc lamp baths should be instituted not only in hospitals, but in schools and public baths Round a long flame arc taking 2—3 kilowatts with „white flame' carbon poles (metal cored) and fitted with a wire screen a yard away, children can dance to a gramophone for ten minutes, wearing only a loin cloth Two or three such baths a week in winter would work great good as a preventive of rickets tuberculosis, rheumatic fever, catarrhs skin diseases etc and as stimulator of mental vigour Goggles of course must be warm and a trained nurse be at hand

To build brick hospitals is out of date, all hospitals should be one storied bungalows with w de verandahs These can be co vered with the new vita glass of Lamplough which lets ultra violet rays through The beds can the run easily from the ward to the verandah and to the open court outside Nurses must be suitably dressed so as to enjoy the open air life Only receiving stations should be in cities with ambulances to convey patients to the bun galow hospitals in the open country Open air and ultra violet radiation should be used to prepare patients for operation and to hasten their cure after operation It has been asserted that arti ficial light treatment cannot approach heliotherapy in curative effect By the wise use of arc lights and sufficient exposure to open air and good feeding progressive cure of surgical tuberculosis can be brought about in winter in our English cities To eliminate tuberculosis from cattle, the shutting up in badly ventilated dark byres should be prohibited Cattle no less than children might be given arc light baths in winter This would antagonise the loss of lime and phosphorous in heavy millsers

---

Climate of a Big City and the Dwellings of the Poor

By Dr *King Brown* London

As I am only a beginner in the science of climatology though I can claim a long and intimate acquaintance with the dwellings of the poor, it is with hesitation that I venture to read a paper involving some knowledge of climatology before so many experts in in this subject I hope however in this short paper to show the connection between these two subjects and that it is impossible to consider the dwellings of the poor apart from climatology

In my unregenerate days, that is before I had studied any of the works of your world renowned climatologist Professor Dorno or the works of Professor Leonard Hill and others I looked upon climate as largely a matter of temperatures in different countries or latitudes with some rainfall prevalent winds and relative humidity thrown in, now I have discovered that the subject is an extremely wide one and that you can speak of the climate of the Earth and Mars on the one hand and the room you live in on the other hand There seem, however to be three broad divisions of climatology — "General Climate", which includes that of a country or part of a country or large island (such as Great Britain) "Local Climate", meaning that of smaller divisions, such as counties and towns and "Private Climate", which includes that of the dwelling house and its rooms and the yard attached

In discussing, therefore the subject which is the title of this paper, I propose to adopt these divisions for convenience and though most of my remarks will apply more particularly to London they will apply with slight variations to most of the big industrial cities of Great Britain

On the question of "general climate of large cities there is little to be said except that they usually partake of the climate of the country or part of the country where they are situated Such matters as rain fall or snowfall temperature prevalent winds barometric pressure cyclones and anticyclones are not much influenced by purely local conditions and thus the "general climate of London may be said to be that of the South East of England and of Glasgow that of the South West of Scotland and so on

For London this means a moderate temperature the mean annual temperature being 49 5° F, the mean annual range 21 7° F, the hottest month being July with a mean monthly value of 61° F and the coldest January with a mean monthly value of 39 4° F London however, has some of the characters of a continental climate, due, no doubt, to its proximity to the continent of Europe and this is shown in a liability to extremes of temperature For instance, in Greenwich in 1911 a temperature of 100° F (ca 38° C) in the shade was registered and in 192? temperatures of over 90° F in the shade were frequent while on July 22nd of the present year 89° F in the shade was registered in Greenwich In fact, during the present July, temperatures have been ranging between 60° F and 90° F in the shade The mean rainfall of London is 23 5 inches and the average number of rainy days is 164 These figures are under the average for England and Wales This is due to the rain carrying winds mainly from the South West discharging their contents in the West of England before arriving in London The prevalent winds are South West and West, often bringing rain and varying from North West round to South Anticyclones are generally accompanied by winds from the East which are very dry and cold in the winter and spring

Coming now to the question of the local climate', there are many factors in cities which influence this

In the first place cities are nearly always situated on the lower reaches of great rivers This situation has been deliberately chosen by their founders on account of the water supply their proximity to the sea or alternately the navigability of the river for considerable distances inland This applies to London Paris Glasgow Manchester Liverpool and many others It means as far as climate is concerned that they are low lying often situated on and surrounded by alluvial plains There are therefore larg stretches of water near or actually flowing through them the level of the ground water is therefore high and the soil damp This and the evaporation from the large stretches of water means a high relative humidity of the air with a special liability to fogs and all that this connotes In most of the large cities of England however the damp of the subsoil cannot have very much influence on the relative humidity since so large a part of the surface is covered with impermeable materials in the form of asphalt tar macadam wood blocks and granite setts all of which drain off the surface water most effectually and quickly

As practically all large cities in England have an elaborate system of underground drainage, the subsoil water is nearly always a long way from the surface

In the next place, owing to radiation of heat from the houses and street surfaces the average temperature in cities is generally a degree or two higher than that of the surrounding country, but the greatest drawback, as far as temperature is concerned, is that the large collection of houses and buildings prevents the free circulation of air and, therefore, its 'cooling power' as Professor Leonard Hill calls it is very low This keeps the level of the metabolism of the inhabitants below that of country dwellers and

this, in its turn means a general lowering of the vitality which no doubt contributes its share to city diseases and deaths This low cooling power is well illustrated from Professor Leonard Hill's "Science of Ventilation" and refers to a small, sheltered garden in Camden Square in London It is typical of London gardens and in slum districts conditions may be much worse

Observations taken at 62 Camden Square London N W 1 Dr H R Hill

Month	Temperature daily mean F	Temperature daily mean C	Humidity 9°1hrs mean	Wind daily mean miles per hour	Wind daily mean metres per sec	Ø	H	100 t
Jan	39 7	4 3	89	0 61	0 27	32 2	9 7	95 7
Feb	39 8	4 3	86	0 60	0 27	32 2	9 7	95 7
Mar	4’5	5 8	85	0 56	0 25	30 7	8 9	94 2
April	48 0	8 9	77	0 61	0 27	27 6	8 3	91 1
May	56 7	13 7	73	0 35	0 16	22 8	6 6	86 3
June	60 1	15 6	74	0 33	0 15	20 9	6 1	84 4
July	64 1	17 8	76	0 32	0 14	18 7	5 4	82 4
Aug	63 6	17 6	80	0 29	0 13	18 9	5 5	82 2
Sept	55 6	13 1	84	0 22	0 10	23 4	6 8	86 9
Oct	51 5	10 8	88	0 35	0 16	25 7	7 5	89 2
Nov	43 8	6 6	88	0 6	0 21	29 9	8 7	93 4
Dez	41 7	5 4	89	0 57	0 26	31 1	9 3	94 6

H = heat lost in millicalories per Square centimetre per second — kata thermometer = Cooling power see Chart

Ø = excess of temperature of kata thermometer above that of air

The last important factor in determining the 'local climate" of a big city is the *atmospheric pollution* Comparing this with its low cooling power, it is difficult to say which factor is the more important but personally I am inclined to place atmospheric pollu tion as the chief detrimental factor

There are numerous sources of atmospheric pollution in a city but by far the most important is smoke Next comes street dust of all kinds then emanations from decaying animal and vegetable matters about houses and connected with manufacturies such as offensive trades and tanneries, and various fumes from chemical works and motor cars As I look upon all these as subsidiary compared with smoke I do not propose to deal with them in any detail

Smoke is the result of imperfect combustion and, for practical purposes, raw coal need only be considered as this is the only fuel generally burnt in England or indeed in industrial cities of any country Smoke consists of solid matter known as soot and gaseous products sulphurous and sulphuric acids and a small amount of hydrochloric acid and tar These finally find their way into the soil in the forms of sulphates and chlorides

The constituents of soot vary much in quantity rather than in quality They are carbon, tar ash mineral matter, compounds of sulphur with minute quantities of arsenic and nitrogenous compounds

Soot ıs generally acıd, due to the presence of sulphurous and sul phurıc acıds Those who desıre full partıculars wıll find them ın an excellent lıttle book by Cohen and Ruston entıtled Smoke' — 'a Study ın Town Aır, publıshed by Edward Arnold & Co (1925), from whıch I have largely drawn

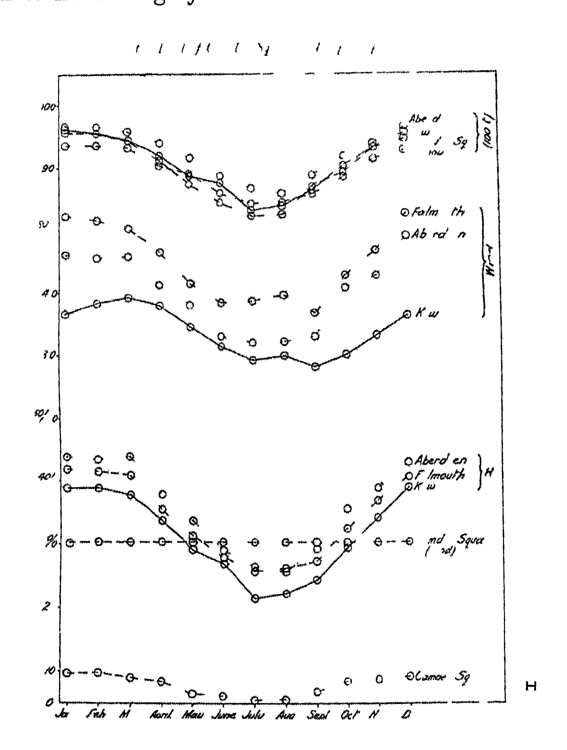


Fıg I

H = Coolıng Power

Fıom Hıll s Scıence Wensılatrın Contrast of Cander Square and exposed places

The most deleterıous constıtuents of soot are the tar and the sulphur acıds Pure carbon, as such appears to be comparatıvely harmless but ıt rarely occurs alone ın ordınary soot, and ıs mostly ıntımately ımpregnated wıth tar and sulphur compounds The tar plays an actıve part, enablıng the carbon and sulphurous and sulphurıc acıds to clıng to buıldıngs and the leaves of plants, etc, wıth the result that the calcıum and other constıtuents of the stone become converted ınto sulphates and soon crumble away whıle the plants wıther and dıe The acıds are also very ırrıtatıng to the mucous membranes of the eyes throat and respıratory organs, and they therefore help to raıse the death rate from respıratory dıseases

in towns, especially during and immediately after fogs For instance, Ascher District Medical Officer for Hamm, Westphalia (quoted by Cohen and Ruston) gives figures for industrial occupations and residential quarters of large cities which shew that, in occupations and cities where soot and smoke are paramount, there is an enormous increase of the death rate in lung diseases as compared with the mortality of these diseases in country districts and towns not inflicted with smoke and soot

The tar and sulphur compounds in soot are particularly injurious to plant life and, if in sufficient quantity will kill certain plants and prevent others from growing flowering or reproducing themselves The tar acts mechanically as well, in blocking up the stomata of the leaves The acids are finally carried down by rain into the soil and interfere with the nitrifying organisms and so with the roots of plants, retarding or preventing their growth

The main sources of smoke are (1) Factory Chimneys and (2) Domestic Fires Factory fires having tall chimneys and forced draught, shew more complete combustion of their coal The soot from these is therefore, richer in ash and poorer in unconsumed carbon, tar and sulphur acids, and owing therefore, to the reduced amounts of the last two products the smoke from factory chimneys is less deleterious Domestic smoke, on the other hand, coming from fires where the coal is burned at a lower temperature, shews a higher percentage of unconsumed carbon, tar and sulphur acids and it is the increased amount of the tar and sulphur which makes this smoke specially injurious to both buildings and health

This distinction between domestic and factory smoke is, therefore, important In London it is calculated that two thirds or more of the smoke is domestic, whereas in industrial cities of the Midlands and North of England factory smoke is predominant

A few figures will give some idea of the magnitude of the problem in London The Administrative County of London that is that part under the direct jurisdiction of the London County Council contains in round figures 4 500 000 inhabitants housed in 700 000 separate dwellings The area is 74 850 acres and the density is 60 persons per acre The size of the County may best be judged by saying that it roughly oval in shape the long axis running East and West and the short axis North and South The length of the former is about 16 miles and the latter about 12 miles If we allow 4 chimneys to each dwelling, that gives a total of 2 800 000 domestic chimneys This however does not end the matter for surrounding the County of London and continuous with it is another circle of houses with a population of nearly 3 000 000 occupying about 400 000 separate dwellings The total population of Greater London is therefore 7 500 000 occupying 1 100 000 houses with a grand total of at least 4 400 000 domestic chimneys half of which at any one time especially in the winter months are giving out smoke simultaneously

It is difficult to say how much smoke is given out but various estimations of the amount of soot falling annually per square mile for certain cities have been made Thus, in Glasgow this is stated to be 820 tons Leeds 220 tons and London 259 tons per square

mile per annum Dr Rideal estimated, at a conference on smoke abatement in 1905, that if all the sulphur of the 16 million tons of coal consumed annually in London (presumably the County of London) passed into the air as sulphuric acid it would give a half to one million tons of this acid annually

All this means that in the finest weather there is a pall of smoke hanging over London — smoke of the worst type — and that if the weather is calm the visibility is much interfered with We did not realise fully what this meant until the Coal Strike of 1920 which lasted some three months The domestic fires during this period were unlit and the atmosphere became so clear that Londoners obtained views over the City which they hardly knew existed

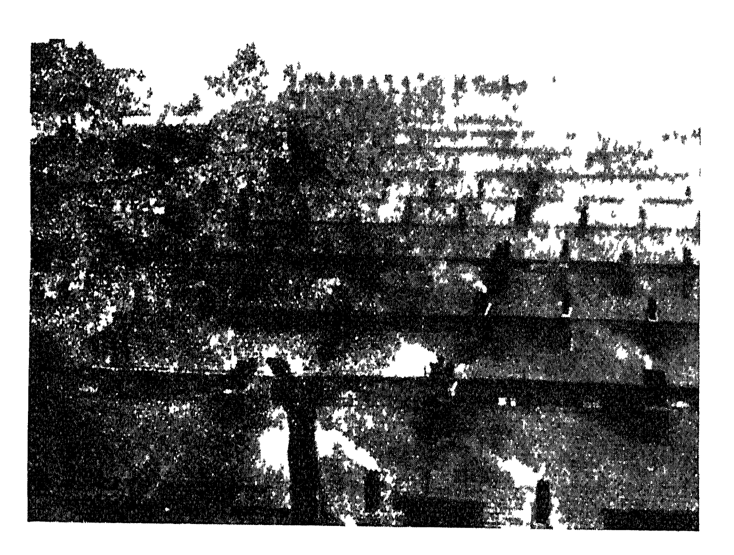


Fig 2

Smoke from domestic chimneys in a slum area

Besides the direct action of smoke in the destruction of buildings, injury to health and interference with plant life, it has an indirect action on the last two by cutting off our total sunshine and more especially the visible and invisible rays at and beyond the violet end of the spectrum The evil of this does not require further explanation in an assembly such as this, so I shall content myself by shewing you a diagram constructed from the daily weather reports of the "Times" which record the ultraviolet rays in three places — Peppard Common about 35 miles from London, Hampstead a suburb of London, and Kingsway near the centre of the

city From these figures it is evident that Londoners lose the full benefits of the ultraviolet rays, even in a particularly fine and sunny month such as July of the present year

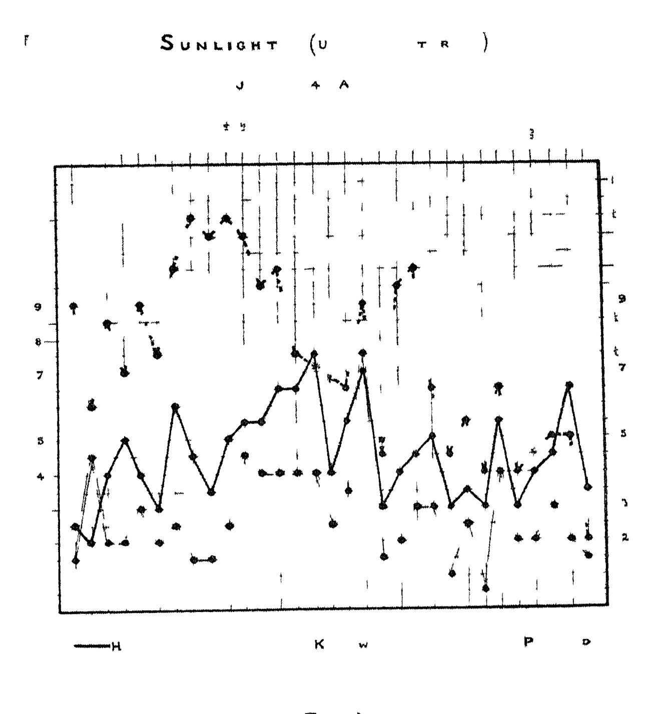


Fig 3

To sum up then the 'local climate' of a big city is slightly warmer than that of the district in which it is situated It is sheltered so that the cooling power of the air is less than that of the surrounding country Its air is laden with smoke, dust and other impurities, which are *directly* detrimental to the health of human beings and plants and destructive to buildings, and *indirectly* injurious to the health of animal and plant life by depriving them of sunlight and especially of the ultraviolet rays

This now leads me to a consideration of my last division, viz the private climate", or climate as it affects specially the dwellings of the poor This part of the subject is so large and complicated that time will only permit me to touch on the salient points

In the first place, it makes a great difference whether one speaks of modern or old dwellings In a city like London, if you refer to the outskirts where new workmen's dwellings are being erected

in large numbers, you must take off a certain percentage of the disabilities described under 'local climate', but, if you refer to the ordinary dwellings for workmen and the lower middle classes erected in the County of London 40 or 50 years ago or over you may *add* a percentage to the disabilities which will increase as you proceed from the periphery of the city to its centre. A short description of the Borough of Bermondsey of which I am Medical Officer of Health, will give a good idea of the climatic disabilities under which the population lives in the heart of a large city.

According to the Census of 1921, this Borough has 119,452 inhabitants housed in 18,266 separate dwellings. It is situated on the south side of and bordering on the River Thames and is one of the central Boroughs and oldest parts of London.

In the first place, all the disadvantages summed up under 'local climate' are here exaggerated. If fog occurs in London which is common in winter, it is much worse in the centre of London and near the river than elsewhere. The sunshine and ultraviolet rays are at their minimum, for no matter from what quarter the wind blows it must pass over some 10 or 15 miles of houses before it reaches the centre of London. This large number of houses also reduces the force of the wind and its cooling, ventilating and cleaning powers. I have no figures on the relative humidity but I imagine that an investigation into it would shew that, owing to the proximity of the Borough to the river Thames and the docks it is higher than in the outskirts of London. But even in a Borough of this kind the 'private climate" of the different parts shews great variations. The presence of a large park and of large stretches of open water in the Surrey Commercial Docks and the river Thames affords good general ventilation to houses bordering on these spaces. All the houses, however do not share these advantages for there are many collections of houses known as ,slums' in this Borough, as in many of the older parts of London and other large cities, where ventilation is extremely bad, and a short description of one of these, will apply to all.

I have recently condemned an insanitary area of 3.9 acres which has 151 dwelling houses with a population of 1,035, consisting of 234 families. The average general death rate for 10 years was 24.6 for 1,000 living against 17.5 for the rest of the Borough for the same period. The death rate for respiratory diseases during this period was 6.57 per 1,000 living as compared with 3.9 for the small whole Borough, itself a high figure compared with London. The infantile mortality (i. e. deaths of infants *under* one year) was 182 per 1,000 births as compared with 129 for the rest of the Borough and 103 for London. (Note: the infantile mortality for the last 2 or 3 years in Bermondsey and London is much lower than these figures which deal with a 10 year period). I look upon the infantile mortality as the best human index of the 'private

climate of a house since for the first year of life, the child in the slums has little experience of any other The 151 houses are of the ordinary terrace or cottage type containing from 2 to 8 or 10 rooms, the majority having 4 to 6 rooms The width of the streets varies from 8 to 15 or 20 feet Many of them are cul de sacs and some of the houses are back to back The spaces at the



Fig 4

Plan of a slum area Stowing Small amount of space surrounding the houses This prevents adequate ventilation of area and houses

rear of the houses or yards are small and do not provide much space for sunlight The back to back houses have no yards The ages of the houses vary from 60 to 200 years The rooms are small, their capacity varying from 500 to 1,000 cubic feet, the majority of the rooms being only 700 to 800 cubic feet The height of the ceilings varies from 6 feet to 7 feet 6 inches, a very common height being 7 feet Most of the rooms open direct into

the open air but a few do not The staircases are generally central and are mostly unlit and unventilated Owing to the small cubic capacity of the bedrooms, they are generally overcrowded The standard we adopt for bedrooms is the comparatively low one of 300 cubic feet for each adult, i e person over 10 years old, and 150 cubic feet for children, so that the large majority of the bedrooms should only have a man and wife and one child, but we generally found half as many again and not infrequently double this number

The result of all this is that the climate of the area generally or "local climate' is very bad, as is also that of the individual houses

The next point to be considered is the pollution of the atmosphere As I have already shewn, the air is pretty bad before it arrives at *Bermondsey* but it is further polluted in the home, owing to the overcrowding it is impossible to keep the houses clean the air of the bedrooms (and I inspected every room in the 151 houses more than once) was stuffy and smelled from dirty bedclothes and dirty wearing apparel shut windows and general uncleanliness The air of the yards was further contaminated by accumulations of household and other refuse Defective drains and water closets also added their quota Damp walls frequently increased the relative humidity of the air of the ground floors

The last point is the deficiency of light This as I have already shewn is bad in London generally, but in areas like this it is ten times worse Owing to the height of the buildings compared with the width of the street in front and the yards behind, many houses receive hardly any sunshine from one year's end to the other, and many of the lower stories of the houses — especially in winter — must be illuminated all day by artificial light The minimum area of windows in houses in London is $^1/_{10}$ of the floor area of the room but even this is useless unless the width of the street in front and the yard behind is sufficient to allow of sunshine or even good skyshine reaching the rooms In condemning insanitary areas, the inaccessibility of light is one of the principal criteria

That more rickets is not seen in London is due to the fact that slum children spend most of the day playing in the streets — one of the great advantages of cottage houses against block dwellings

The following table, taken from Sir Shirley Murphy s Annual Report on the Health of London for 1898 shews the width that streets must have to give houses a certain number of hours of sun shine daily in the latitude of London

Tables shewing the width of street required to allow of one to six hours sunlight on houses 40 feet high situate in meridional streets and in streets inclined to the meridian at certain angles in the Latitude of London at the summer and winter solstices and the vernal or autumnal equinox

Winter solstice 21st Dezember

No of hours Sunlight	Meridional Streets	Angle of inclination of street to the meridian				
		20°	40°	60°	80°	90°
1 hour	19 8	70 1	111 9	140 2	151 6	150 5
2 hours	41 8	92 7	132 4	156 1	161 0	156 1
3 „	69 1	122 1	160 3	179 1	176 4	166 9
4 „	107 4	164 5	201 8	214 8	201 8	186 0
5 „	170 0	235 6	272 7	276 9	247 7	221 6
6 „	304 9	390 8	429 5	416 5	303 2	304 9
Autumnal or vernal equinox						
1 hour	6 6	23 5	37 6	47 1	50 9	50 5
2 hours	13 8	30 5	43 5	51 3	52 9	51 3
3	21 8	38 4	50 4	56 4	55 5	52 5
4	31 2	47 9	58 7	62 5	58 7	54 1
5	42 9	59 4	68 7	69 8	62 5	55 9
6	57 7	73 9	81 3	78 8	66 8	57 7
Summer solstice 21st June						
1 hour	2 8	10 1	16 1	20 2	21 8	21 6
2 hours	6 1	13 4	19 2	22 6	23 4	22 6
3 „	9 9	17 5	23 0	25 7	25 3	24 0
4 „	14 7	22 5	27 6	29 4	27 6	25 4
5 „	20 5	28 4	32 9	33 4	29 9	26 7
6 „	27 6	35 4	38 9	37 7	32 0	27 6

Extract from L C C Annual Report of 1898

I will now close the paper with a brief statement of some remedies for this state of matters

1 All streets should have a minimum width and there should be a definitive relationship between this and the height of the houses on each side The yards at the rear should be regulated on the same principle the object being to provide some sunshine for every house

2 Smoke should be abolished, by cheapening electricity, gas and smokeless fuel In England the last of these is the most hopeful way

3 Good window space and suitable aspect for houses were possible

4 Proper storage and prompt removal of household refuse

5 Removal of dust destructors, refuse dumps, offensive trades and chemical works away from human dwellings

6 Sufficiency of cubic space in bedrooms and through ventilation in all houses

7 Provision of private bath

8 Education of the masses in personal and general hygiene

— —

Les problèmes de la médecine préventive et leur évolution internationale

Par Prof. *Ettore Levi*, Rome

Ne vous attendez pas à une conférence, je m'adresserai plus à votre coeur qu'à votre esprit, plus à vos émotions qu'à vos connaissances. J'ai l'honneur de parler à des confrères venus de tous les coins d'Europe, mais c'est surtout à des frères dans le vaste domaine humanitaire que je vais adresser un appel partant du coeur et mûri dans la souffrance.

Vous tous qui appartenez à des nationalités différentes, vous avez souffert de la grande guerre, quelques-uns d'entre vous en portent les blessures, tous vous en avez vécu les heures tragiques dans vos familles, dans les communautés dont vous faites partie, en tant que médecins vous avez essayé d'en soigner les plaies, d'en tarir les larmes. Vous participez encore aux conséquences de cette tragédie qui se poursuit dans la lutte entre les différentes classes sociales et les nations qui forment la soi-disant famille européenne.

Mais tant de souffrances n'auront pas été inutiles si une nouvelle conscience anime les générations médicales nouvelles: la conscience d'une mission plus sociale qu'individuelle, qui doit être au-dessus de la mêlée, qui doit négliger les distinctions géographiques ainsi que celles de race et de religion.

En provoquant et en dévoilant l'immensité de la souffrance sociale, la guerre a produit dans l'opinion publique comme dans les gouvernements la sensation nette d'une ère nouvelle qui se prépare. La médecine préventive n'est qu'un aspect de cette nouvelle politique sociale qui bientôt devra dominer les relations entre les classes d'un même peuple et entre les différentes nations du monde.

Mon but est de vous montrer de quelle façon la grande oeuvre est déjà amorcée, votre mission sera de contribuer à la réalisation de ce beau rêve dans vos champs d'action respectifs.

Il me semble juste et beau que cet appel à une croisade internationale pour la défense de la vie humaine parte de cette ville de Davos, qui vit pour combattre la mort et la souffrance, cité dont la Suisse doit être fière, car c'est d'ici qu'on a donné au monde l'exemple

de la manière dont on peut affranchir les pauvres et les riches, les enfants et les hommes faits mûrs, de l'horrible gangrène sociale nommée tuberculose et cela par l'air et le soleil ainsi que la paix laborieuse qui devraient être des biens accessibles à tous.

Il me semble juste et beau qu'un tel appel résonne sur la terre helvétique qui, à l'Europe ensanglantée, a donné l'exemple si noble et si suggestif de la possibilité d'une coexistence paisible entre trois nationalités différentes au milieu de la conflagration universelle, de cette nation qui a vécu la douleur et soigné les plaies d'un monde meurtri.

J'espère que vous ne voudrez pas considérer cet appel comme manquant d'harmonie avec les thèmes qu'on traite dans cette réunion, car vous êtes en grande partie médecins et comme tels vous ne sauriez être insensibles au problème dont je traite, tandis que ceux d'entre vous qui s'adonnent à la science pure ne sauraient être indifférents à l'atmosphère sociale dans laquelle nous vivons.

Dans la seconde moitié du 19me siècle et dans les commencements du 20me nous avons assisté à l'organisation des énergies antagonistes du capital et du travail. Les deux groupes opposés ont senti le besoin de coordonner leurs forces pour exercer une plus puissante influence sur l'opinion publique et sur les gouvernements respectifs.

Malheureusement on doit constater qu'il n'en n'a pas été de même pour tout ce qui regarde la défense et l'utilisation des énergies humaines, base nécessaire de tout progrès social. Ces problèmes sont encore presque partout considérés et traités comme des questions philanthropiques et scientifiques, point de vue qui s'est démontré complètement insuffisant.

La solution du problème ne sera trouvée, à mon avis, qu'en appliquant à la défense des énergies humaines du plus précieux capital social les méthodes qui ont assuré le succès aux entreprises du capital et du travail. La philanthropie et la science doivent inspirer cette oeuvre mais le problème doit être envisagé essentiellement du point de vue économique et politique et développé sur la base d'une solide organisation internationale.

En effet:

1° Tout bien matériel est le produit exclusif du travail individuel;

2° La production de ces biens est nécessairement proportionnée à la possibilité, à l'énergie et à la volonté de travail chez l'ouvrier;

3° La possibilité, l'énergie et la volonté de travail diminuent et viennent fatalement à manquer chez ceux qui par insuffisance de forces physiques ou de directives éducatives manquent du nécessaire équilibre physique et moral.

Ces postulats fondamentaux d'une évidence absolue sont cependant négligés partout. Les budgets de l'éducation et de l'hygiène sont dans tous les pays du monde les plus pauvres en comparaison de ceux qui sont destinés aux armements, c'est à dire à la destruction.

Dans les fabriques et dans les champs, on donne tous les soins imaginables pour sauvegarder les instruments du travail, animaux et machines cependant qu on ne fait rien ou tres peu pour defendre et valoriser l'homme, source unique de production Les gouvernements les departements et les communes payent passivement le prix de leur imprevoyance en depenses toujours plus graves pour les hopitaux, les maisons d'alienes, etc, qui recueillent les victimes de cette politique d'imprevoyance La societe pense economiser par la repression tandis qu'elle epargnerait seulement par la prevention

C est a l'Allemagne de l'epoque de Bismarck que nous devons le premier grand effort legislatif pour la defense des masses laborieuses Les lois sur l'invalidite, la vieillesse, sur la protection de la maternite et de l'enfance, sur l'assurance contre les maladies et les accidents de travail ont realise le premier exemple d'effort social et ont ete imitees dans tous les pays du monde

Mais c'est seulement pendant et apres la guerre que les gouvernements ont realise la necessite d'organismes nouveaux aptes a diriger et coordonner toutes les mesures qui s'imposent pour le bien etre des masses C est depuis la guerre en effet que nous avons assisté à la formation des ministeres de l'hygiene, d'assistance et de prevoyance sociale, qui fonctionnent deja soit dans les nations de plus ancienne civilisation, soit dans les nouveaux etats sortis de la guerre

L Angleterre possede un Ministère de la Sante avec un champ d action extremement vaste comprenant non seulement les problèmes de l hygiene generale qui faisaient deja partie de l organisation gouvernementale d avant guerre mais en plus la lutte systématique contre toutes les maladies sociales tout le domaine des assurances et le problème fondamental de la protection de la jeunesse dans les ecoles de tout degre

Nous voyons d autre part la Russie sovietique donner au Ministere de l Hygiène, dirige par le docteur *Semachko* une importance preponderante et développer un plan d action tout à fait original et fondé sur les lois de la médecine preventive ce ministere s occupe de tous les problèmes du travail, de l éducation des nouvelles generations au point de vue hygienique et de la réorganisation des etudes medicales à un point de vue social et préventif

La meme tendance s observe dans les états de nouvelle formation tels que la Pologne la Tchécoslovaquie le royaume des Serbes Croates et Slovenes Dans ce dernier nous voyons sous la direction du docteur *Stampar* se développer une organisation gouvernementale de medecine sociale extremement originale et moderne

Tous les pays du monde ont plus ou moins suivi ces directives et quoique quelques nations des plus importantes comme l Allemagne et l Italie ne possèdent pas encore de ministères exclusivement destinés a l étude et a la realisation de ce problème il est facile de prédire que bientot dans tous les états ces institutions politiques et administratives devront exister et imposeront de telle façon a l opinion publique la signification politique et economique des questions relatives a la défense et au rendement des energies humaines

Une autre preuve que cette conception imposee par les consequences de la guerre a ete comprise nous est donnee par la creation d organismes supernationaux dont le developpement futur nous offre les plus belles espérances Ces organisations vous sont connues, c'est

aupres de la Societe des Nations, l'Office international du Travail et la Section d'Hygiène, et, a Paris, l Office international de l'Hygiene Publique qui representent la collaboration officielle de tous les etats du monde D'autre part nous avons une serie d'organisations plus ou moins independantes des gouvernements respectifs, telles que la Ligue des Croix Rouges les Unions internationales et les federations contre la tuberculose, les perils veneriens, contre le cancer, l Association internationale de la Protection de l'Enfance, celle pour la lutte contre les maladies mentales, pour le bien etre des ouvriers et bien d'autres

Les federations libres contre la tuberculose l'alcoolisme etc, ont une grande valeur morale, mais il faut le reconnaitre, bien peu de pouvoir effectif, elles manquent avant tout d'argent et sont generalement dirigees par des hommes de haute valeur, mais depourvus de sens pratique et d'esprit d organisation Elles ne savent pas adapter leurs methodes a celles qui ont fait triompher les organisations industrielles et commerciales

Dans toutes les nations du monde on observe le meme phenomène d incoordination par lequel la lutte contre ces differents fleaux sociaux est conduite independamment, comme s il ne s'agissait pas de maux qui, ayant la meme origine, doivent tous etre combattus par les memes moyens En effet, toutes les maladies sociales dependent de causes fondamentales communes Les taudis, les écoles ou ne penetre pas la lumiere du soleil ni l'esprit d'une education nouvelle, la fabrique ou le travail se fait dans des conditions inhumaines, constituent un terrain ideal sur lequel toutes les maladies sociales se développent comme des mauvaises herbes

J ai eu l honneur de presenter l annee passee à la Ligue des Croix Rouges un projet pour la constitution d un comité central international pour la coordination de ces federations Ce projet a été accepté a l unanimite par le comite central de la Ligue Il faut esperer que ces principes de coordination fonctionnelle seront realises partout Deja nous avons des exemples interessants en Amerique et en Belgique en Amerique le National Council of Public Health dirige l action de toutes les fedérations nationales et au meme but tend en Belgique la Croix Rouge nationale

D autre part nous devrons signaler l existance et l admirable activite des fondations a caractere individuel exerçant une action mondiale telles que les fondations Rockefeller et Carnegie Ce que la Fondation Rockefeller est en train de faire dans le monde entier pour le progres de la medecine sociale pour la lutte contre les maladies evitables pour la preparation du personnel destine a realiser ce programme est superieur à tout éloge et presente un admirable exemple d action stimulatrice internationale pour la conquete d un plus haut niveau de bien etre social

La preuve que ces problèmes ont pris une importance jusqu ici inconnue est donnee par le fait que l'Amerique a modifie sa constitution pour imposer la lutte contre l'alcoolisme Il est de bon ton en Europe de se moquer du prohibitionisme américain Il nous semble au contraire que cet exemple donné par les Etats Unis est de la plus grande valeur morale et nous voyons les nations les plus civilisees de l'Europe septentrionale editer une legislation antialcoolique de plus en plus sévère La legislation antialcoolique nous donne des preuves

de la tendence moderne des gouvernements de défendre par une législation eugenique leurs capitaux humains respectifs.

L'etude comparative de la legislation medico sociale dans le monde entier offrirait un enorme interet scientifique et pratique partout le principe de liberte individuelle doit ceder le pas au bien etre de la communaute. La dénonciation obligatoire des maladies sociales tuberculose et maladies veneriennes est en train de se faire partout. La reglementation de la prostitution admise encore dans les etats de l'Europe centrale est abolie chez différentes nations d'Europe et d'Amérique et l'on admet partout la necessite morale de considérer au meme niveau de responsabilite l'homme et la femme en tant que disseminateurs des contagions veneriennes.

L'avenir de la selection humaine represente un des plus grands problemes du futur et toute une legislation nouvelle est en train de se former et de se consolider en Europe et surtout dans les nations d'outremer, pour reglementer les mariages discipliner la procreation en reprimant autant que possible la production des individus disgeniques, fous, debiles, etc, qui constituent pour la societe humaine un fardeau moral et economique intolerable.

La population mondiale qui etait de 600 millions au commencement du 19eme siecle a ete evaluee il y a trois ans a plus de 1820 millions c'est à dire que dans le bref delai d'un siecle la population mondiale a augmenté plus que dans toute l'ere historique precedente. A ce phenomene sont lies nécessairement les plus grands problemes internationaux tels que l'emigration les guerres le desoeuvrement, la pauvrete. La pression de la population mondiale portera fatalement a cette selection qui selon *Richet* est non seulement desirable et necessaire mais constituera l'unique preoccupation et le plus grand effort des generations futures.

Ces conquetes qui ont éte, il nous semble, la plus grande et la meilleure consequence de la guerre ne doivent pas nous empêcher de voir que nous sommes encore loin de cette organisation vraiment pratique et efficace, a laquelle nous devons tendre. En effet les organisations internationales citees ont comme tout organisme officiel les defauts d'une limitation d'initiative et d'une lenteur d'action qui devront etre corriges. Il faut mener la lutte contre les maladies sociales, étudier les problèmes fondamentaux de l'education de l'habitation, de l'alimentation et du travail de la meme façon qu'on traite les affaires industrielles et commerciales. C'est a dire qu'il faut obeir aux postulats suivant:

1° Unite de direction

2° Unite de programme,

3° Unification des méthodes du travail de propagande,

4° Coordination des organisations dependantes,

5° Preparation du personnel technique superieur et inferieur destine a realiser le programme d'action.

C'est en Amerique surtout qu'on a deja compris la necessite de ces nouvelles directives tandis qu'en Europe les anciennes méthodes empiriques dominent toujours. Le volontariat est presque partout la regle c'est à dire que presque toujours la direction et l'execution est aux mains de gens qui ne sont ni prepares ni payes pour leur tache et ne peuvent lui consacrer qu'une infime partie de leur activite or cette tendance qui soi disant s'inspire d'un principe d'économie est au contraire tout ce qu'il y a de plus anti economique.

Tous ceux qui détiennent le pouvoir de l'argent, les grands capitalistes comme les grandes organisations industrielles, ne donnent pas volontiers leur argent à des institutions qui travaillent de cette façon. Il faudra les persuader que nos méthodes d'action sont aussi pratiques que les leurs et que c'est dans leur intérêt économique d'aider à la création d'organismes puissants et techniquement préparés à la lutte pour le but commun. Encore une fois l'exemple nous vient d'Amérique: dans la grande industrie américaine il y a à présent partout un département du personnel considéré tout aussi essentiel que les autres qui s'occupent de matières premières, de machines, d'achats et de ventes. Ce département est dirigé par un personnel d'une préparation supérieure (économistes, sociologues, physiologues, psychologues, etc.) dont la fonction est d'étudier scientifiquement les candidats à l'industrie en adaptant l'homme à la machine, en utilisant d'une manière moderne les aptitudes physiques et psychiques.

Cette étude physiologique des aptitudes et la patiente application de la théorie à la pratique de tous les métiers représente une des plus grandes conquêtes de notre époque et portera une fois universellement appliquée à une immense épargne des énergies humaines actuellement entamées ou détruites par une adaptation fausse ou insuffisante.

Les mêmes méthodes s'appliquent à un autre champ tout aussi vaste et important, celui de l'école. On commence à peine à organiser scientifiquement l'inspection médicale des écoles; cette inspection n'est réalisée d'une façon complète que dans quelques états, et déjà on voit se dessiner l'importance non moins grande de l'application des «*tests*» psychologiques pour la recherche des aptitudes et des vocations dès le jeune âge.

Les bases scientifiques de cette méthode physiologique d'examiner l'être humain ont été premièrement étudiées en France et en Allemagne (*Binet, Simon, Munstermann*). Mais c'est seulement depuis leur large application dans le nouveau monde qu'elles commencent à être systématiquement utilisées aussi dans quelques pays d'Europe: en Allemagne, en Angleterre, en Belgique et en France. Ce qu'on appelle «Berufsberatung» est reconnu tous les jours plus important et plus pratique.

Dans ce domaine aussi la collaboration internationale se fait de plus en plus intime et nécessaire, l'expérience de chaque individu ou institution étant immédiatement répétée et contrôlée dans le monde entier.

Voilà pourquoi j'ai dit au commencement que la médecine préventive embrasse aujourd'hui toute la politique sociale, car elle doit non seulement s'occuper de problèmes d'hygiène, mais envahira nécessairement les domaines essentiels au progrès humain de l'école et du travail, c'est à dire de la préparation et de l'utilisation du travail humain. Voilà pourquoi il faudra que les médecins de demain puissent acquérir dans les universités (qui actuellement ne sont pas organisées pour cela) des connaissances sociales très vastes, ou qu'on organise pour eux et pour les éducateurs, hommes de loi, ingénieurs, infirmières, etc. qui devront participer à cette grande oeuvre sociale, des écoles spéciales *(Social Work)* ayant l'organisation indispensable pour la préparation de ce personnel si nécessaire à la croisade future. Nous pouvons constater tous les jours l'insuffisance de notre armement pour l'étude de ces problèmes.

Prenons le cas de la tuberculose qui est cependant le problème où l'on a le plus travaillé. Nous manquons d'organismes soit internationaux soit nationaux capables d'exécuter les vastes enquêtes qui se

raient nécessaires sur les problemes scientifiques et pratiques lies a la lutte contre la tuberculose Nous manquons de statistiques de morbidite, les recherches sur les consequences economiques de la maladie de l'invalidite et de la mort sont tout ce qu'il y a de plus insuffisant C'est a-dire que nous ne sommes pas en condition de denoncer a l opinion publique et a nos gouvernements l'immensite du mal que nous tendons a reparer

Les questions qui seront discutées ici sur l'influence des facteurs climatologiques sur l'organisme normal et debile et qui semblent etre au premier abord d'un interet purement theorique, sont au contraire de la plus haute importance pratique, soit pour l utilisation des differentes possibilites climatologiques pour fortifier les individus malades, soit aussi en rapport aux conditions de travail qui dans l'industrie moderne peuvent se developper sous différentes pressions de l oxygene atmospherique

N'oublions pas en effet que des masses d'ouvriers mineurs travaillent dans toute l Europe a des profondeurs variables jusqu'a 1000 metres sous le niveau de la mer cependant que dans les Alpes, en Amerique du Sud, au Thibet on travaille a des hauteurs variant de 3000 et 5000 mètres

D autres problèmes non moins importants se posent dans le champ de la climatologie par rapport au traitement de la tuberculose le prix de constructions sanatoriales surtout en haute montagne est aujourd hui tel qu on ne saurait espérer nulle part d hospitaliser tous les tuberculeux recupérables dans des sanatoriums de hauteur

On doit en consequence chercher a ne pas eloigner les malades pauvres de leur lieu d origine et les eduquer au traitement systematique dans le milieu meme ou leur vie devra se developper

On ne peut poser dans ce champ des regles générales les indications et contrindications individuelles et sociales devront etre etudiees par le clinicien associe au climatologiste dans la discrimination de ces deux facteurs pour la solution des problèmes et des possibilites géographiques et économiques de chaque nation et de chaque groupe social

Des statistiques qui ont été présentées, il y a un an, au congrès international de la tuberculose à Lausanne ont montre que des progrès énormes ont eté obtenus en Angleterre, aux Etats Unis, au Danemark, c'est-a-dire dans des régions dont le climat n'est nullement favorable, mais dont les conditions d éducation et d'économie sont parvenues à un très haut niveau Il serait d un grand intérêt pour le developpement futur de la lutte contre la tuberculose de pouvoir distinguer l'influence respective des facteurs climatériques et économiques d un côté, et de l'autre des organisations anti tuberculeuses, car selon moi je l'ai affirmé nettement a Lausanne, on attribue trop souvent les beaux résultats obtenus dans certains pays a l influence modificatrice des organisations antituberculeuses tandis que ces heureux resultats dépendent surtout de l'amélioration économique generale meilleures conditions d alimentation, d'education et de travail

Tout ce que je viens de dire par rapport a la tuberculose pourrait se repeter pour toutes les autres maladies sociales dont les causes et les effets sont tout aussi insuffisamment etudies

Pour suffire à la tâche que l'avenir nous reserve il faudrait que chaque pays possède, en dehors des organismes officiels, une institution libre organisee et materiellement soutenue par les grandes fedérations représentatives du capital et du travail, qui sont les plus interessees a la defense du capital humain, ayant pour but de fonctionner comme observatoires centraux observant tous les phenomènes relatifs aux maladies sociales, conduisant des enquêtes et recherches systematiques sur les dommages moraux et economiques qu'elles provoquent et sur les initiatives de legislation et d'administration qui pourraient les corriger Ces organismes centraux devraient en outre faire oeuvre de propagande éducative envers les masses, et stimulatrice envers les classes dirigeantes Ils devraient provoquer la coordination fonctionelle des federations et associations libres existants dans chaque etat, chaque organisme national devrait etre en correspondance avec les organisations similaires des autres états, travaillant selon des methodes communes pour rendre comparables les résultats des observations, des enquêtes et des initiatives respectives

C'est sur cette base que j'ai fonde a Rome il y a cinq ans l'Institut d'Hygiene, de Prevoyance et d Assistance sociale, qui tout en étant a ses debuts et ne possédant pas encore la puissance economique qui lui serait necessaire, correspond cependant aux fonctions que je viens de définir et a ete reconnu d'utilité publique et mis sous le haut patronage de S M le Roi d'Italie Son comite directif comprend toutes les organisations representatives du capital et du travail sans distinction de parti politique L'institut fonctionne dejà comme un secretariat central permanent qui est en relations avec toutes les organisations similaires du monde entier Tout en étant un très modeste exemple des principes que je viens de vous exposer il représente cependant quelque chose de neuf pour notre pays et il a ete apprécie à l'étranger par des manifestations de sympathie qui nous encouragent a avancer dans cette voie essentiellement pratique

La limitation du temps qui m'est imposee ne m a permis que de vous donner une esquisse très superficielle soit de l importance que depuis la guerre ont pris les problèmes de la défense de la vie humaine, soit de l organisation officielle et libre qui est en voie de formation dans les différents pays et qui constitue un reseau de liens internationaux dont la valeur morale et pratique sera d autant plus grande que nombreuses seront les personnalités comme vous promotrices de ces idees dans leurs patries

La facilite des communications rend aujourd'hui chaque conquete immédiatement connue et adoptable dans le monde entier, il y a des exemples qu'on est forcé d'imiter La collaboration internationale dans le domaine de l'education, de l'hygiène et de l'assistance sociale est devenue une nécessite Les problemes de la défense de la vie humaine sont essentiellement supernationaux On commence à se rendre compte du fait que dans l'époque actuelle, où tant de questions si graves divisent encore entre elles les nations, le seul champ d'entente et de collaboration possible est representé par ces problèmes, dont la réalisation seule peut faire espérer une entente future

La lutte politique et economique qui divise les differentes nations du monde exerce la meme action desintegratrice entre les differentes classes sociales de chaque nation et la paix sociale ne sera possible que quand les grands organes representatifs du capital et du travail auront compris qu'il est dans leur interet respectif de marcher a la conquete de la paix a travers l'amélioration des conditions d'existence des masses abandonnees aujourd'hui a toutes possibilites de déterioration Cet avenir radieux a ete entrevu il y a presque 50 ans par un des plus grands apôtres de la science mondiale, *L Pasteur*

«Deux lois contraires semblent aujourd hui en lutte une loi de sang et de mort qui en imaginant chaque jour de nouveaux moyens de destruction oblige les peuples a etre constamment prets pour les champs de bataille et une loi de travail et de santé qui tend seulement à libérer les hommes de tous les fleaux qui les menacent L une ne cherche que les conquetes violentes l autre au contraire le soulagement de l humanité La première mettrait une seule vie humaine au dessus de toutes les victoires la seconde sacrifierait a l ambition d un seul homme des centaines de milliers d existences» Quatre ans plus tard a la fin de sa vie répondant aux delegues de toutes les nations du monde venus l honorer Pasteur completait ainsi sa pensee «Je crois invinciblement que la science et la paix triompheront de l ignorance et de la guerre que les peuples arriveront a une entente et que l avenir appartiendra a ceux qui auront fait le plus pour l humanite souffrante»

Les tristes évenements recents semblent avoir dementi la foi humanitaire de *L Pasteur* mais cette foi vit encore dans nos coeurs et il est beau de voir que recemment une autre grande voix s est levee de l Extreme Orient pour confirmer le meme espoir qui animait l'homme de science occidental c est celle de Tagore le grand philosophe educateur et poete hindou

«Le fait le plus important de l ère presente c est que toutes les races humaines sont entrees en contact Nous nous trouvons devant une alternative ou bien les différents groupes continueront a s exterminer entre eux ou bien ils decouvriront une base veritable de reconciliation et d entre aide Ceux qui sont doués du pouvoir d aimer et de la vision de l unité spirituelle ceux qui ont le moins d inimitié contre l etranger ceux qui par instinctive sympathie savent se mettre à la place d autrui seront les plus aptes à jouer un role prépondérant dans les temps qui viennent Ceux par contre qui ne font que développer leur instinct combatif et leur intolérance seront éliminés

Dans mon pays nous avons cherche à découvrir quelque chose de commun à toutes les races quelque chose qui temoignat de leur véritable unite Jamais elles ne s uniront sur le terrain commercial et politique mais les hommes de pensee et de puissance morale découvriront l unité en prendront conscience et la feront connaitre En trouvant la solution de notre problème nous aurons aidé à résoudre celui du monde Le moment vient ou vous aussi vous chercherez une base d unite autre que la politique»

Eh bien, je crois que l'homme de science occidental et le poète oriental sont dans le juste, et que cette base d'entente, ce terrain de conciliation est offert aujourd hui au monde civilise par le fertile champ humanitaire de la science appliquee a la politique sociale

---

2 PHYSIKALISCH-METEOROLOGISCHE ABTEILUNG

Extreme Klimaelemente auf der Erde

Von Prof. Dr. *G. Hellmann*, Berlin.

Das Klima ist, mathematisch gesprochen, eine Funktion vieler Variablen. Wir nennen sie Klimaelemente. Es kommt vor, daß an einem Ort gleichzeitig einige dieser Variablen extreme Werte, Maximal- oder Minimalwerte, annehmen, aber es gibt keinen Ort auf der Erde, an dem das für sehr viele oder gar für alle Klimaelemente zuträfe. Wenn wir daher von extremen Klimaten sprechen und diese zu einander in Parallele stellen, so kommt immer nur ein Teil extremer Verhältnisse zum Vergleich. Wollen wir von allen Klimaelementen die Extreme oder Grenzwerte kennen lernen, so müssen wir sie einzeln aufsuchen. Das ist wichtig, denn zur richtigen Beurteilung des Klimas eines Ortes bedarf es nicht bloß der Kenntnis der mittleren und extremen Werte der zugehörigen Klimaelemente, sondern es ist auch von Belang, die Grenzen zu kennen, innerhalb deren diese Elemente auf der ganzen Erde schwanken. Erst dann läßt sich zuverlässig beurteilen, welche Stellung der betreffende Ort in klimatischer Beziehung einnimmt.

Die Erforschung der Klimaverhältnisse der Erde ist nunmehr so weit vorgeschritten, daß man wagen darf, die Bearbeitung dieser Frage vorzunehmen. Allerdings muß man von vornherein daran festhalten, daß die jetzt aufgestellten Grenzwerte keine endgültigen sein können, sondern daß, wie bei allen Extremen, auch hierbei nach Einbeziehung weiterer Beobachtungsjahre und -orte eine Erweiterung der Grenzen möglich, ja sehr wahrscheinlich ist. Gerade einige in den letzten Jahrzehnten gemachte Erfahrungen sprechen dafür. So haben uns erst die jüngsten Südpolarexpeditionen den Ort der niedrigsten Jahrestemperatur, außerdem auch die windigste Gegend der Erde kennen gelehrt, und die neuerdings durchgeführte geologische Aufnahme der Hawaiischen Inseln hat die Feststellung einer jährlichen Regenmenge ergeben, die der größten bisher bekannten den Rang streitig macht. Es ist also sehr wohl möglich, daß wir mit weiterer geographischer und damit Hand in Hand gehender meteorologischer Erforschung der Erde von Gebieten Kenntnis erhalten, deren Klimaelemente die jetzt festgestellten Grenzen überschreiten.

In der folgenden Untersuchung konnten natürlich nur die wichtigsten Klimaelemente für die reichliches Vergleichsmaterial vorliegt, berücksichtigt werden, also Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlag und Wind. Es werden noch viele Jahrzehnte vergehen, ehe wir auch für die übrigen Elemente ein gleiches tun können.

Da wir die Klimawerte fremder Orte am besten im Vergleich mit den heimischen bemessen, schicke ich das Klimagramm von Davos voraus, das in kurzer synthetischer Form die wichtigsten Klimaelemente nach der Abhandlung des Herrn *Bach* enthält.[1])

$$\geq 0{,}3\ \text{mm}$$

$$2{,}6\,\frac{19{,}3}{-7{,}4}\ \frac{29{,}0}{-29{,}8}\ \Big|\ 50\,\frac{82}{64}\ 79\,\frac{83}{73}\ \Big|\ 5{,}1\,\frac{6{,}1}{4{,}2}\ \Big|\ 910\,\frac{198}{46}\ 144\,\frac{158}{87}$$

Die erste Zahlengruppe enthält die mittlere Temperatur des Jahres und der extremen Monate sowie die höchste und die niedrigste beobachtete Temperatur; die zweite Gruppe bezieht sich in ähnlicher Weise auf die absolute und die relative Feuchtigkeit, die dritte Gruppe auf die Bewölkung, die vierte und letzte Gruppe auf die Niederschläge, wobei zu beachten ist, daß nur die Niederschlagstage mit mindestens 0,3 mm Niederschlag im schweizerischen Beobachtungsnetz in Rechnung gezogen werden.

Lufttemperatur. Als Ort der höchsten mittleren Jahrestemperatur mit 30,2° muß Massaua am Roten Meer angesehen werden, das auf einer kleinen, der Küste vorgelagerten Insel liegt. Wie dieser Wert entstanden ist, ersieht man aus der folgenden Uebersicht über die mittleren Maxima und Minima in den Monaten und im Jahre, die aus 16jährigen Aufzeichnungen italienischer Kolonialbeamter von *F. Eredia* und *G. Memmo* berechnet worden sind (Contributo alla climatologia di Massaua. Boll. Soc. Geogr. Ital. 1907, fasc. IV).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Mittl. Max.	29,4	29,6	31,6	33,2	35,2	38,6	39,5	38,7	36,8	34,2	32,3	30,6	34,1
„ Min.	22,5	22,4	23,1	25,2	26,9	29,0	31,0	30,6	29,2	27,3	25,4	23,0	26,3

Es sind also hauptsächlich die gleichmäßig hohen Minima, welche die hohen Mitteltemperaturen zustande bringen. Die mittleren Minima von Massaua liegen im Winter um 20°, im Sommer um 8° über den mittleren Maxima von Berlin. Es kühlt in der Nacht nicht ab, und man versteht, wenn es in den Reiseberichten heißt, daß in Massaua die warmen Nächte bei gleichzeitig herrschender Windstille und feuchter Luft unerträglich sind. Die Lage auf einer kleinen, von warmem Meerwasser umspülten Insel hat hauptsächlich schuld daran.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit eine kleine Einschaltung machen und gerade in diesem Kreise darauf hinweisen, daß eine Angabe über die Häufigkeit warmer Nächte in den medizinisch-klima-

---

[1]) Das Klima von Davos nach dem Beobachtungsmaterial der eidgenössischen meteorologischen Station in Davos. Von Dr. Hugo Bach (Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. XLII, Abt. 1) 1907, 4°. — Ueber das von mir vorgeschlagene Klimagramm vgl. Meteorol. Zeitschr. 1924, S. 278.

tologischen Monographien nicht fehlen sollte, denn sie greifen den Körper am meisten an. Ein Minimum von 20° in der Nacht wäre vielleicht ein passender Grenzwert für Mitteleuropa.

Sodann ist zu erwähnen, daß sich für den Ort Lugh am D'juba im italienischen Somaliland (etwa 3° 55' S, 42° 35' E, 266 m) aus neueren, 13 Monate umfassenden Messungen an Extremthermometern eine Jahrestemperatur von 30,8° ergibt, ein Wert von derselben Größenordnung wie der von Massaua (vergl. *F. Eredia*, Sul clima della Somalia italiana meridionale. Roma 1913. 8°. S. 7 und Meteorol. Zschr. 1914, S. 458).

Der ostafrikanische Kolonialbesitz Italiens hat also die höchsten Jahrestemperaturen aufzuweisen, nämlich 30° bis vielleicht 31°.

Sehr hoch ist auch die Jahrestemperatur von Berber am obern Nil, in 18° n. Br. und 350 m Seehöhe, sie beträgt 29° und würde im Meeresspiegel etwa 30,8° sein.

Die deutschen Saharareisenden *Barth*, *von Beurmann*, *Rohlfs* und *Nachtigall* sollen, wie mir *Schweinfurth* erzählte, immer als heißesten ihnen bekannten Ort die Oase Kauar (18° 57' N, 495 m) auf dem Karawanenwege von Murzuk nach Kuka bezeichnet haben. Die von *Hann* berechneten *Rohlfs*schen Beobachtungen ergeben auch wirklich sehr hohe Mai- und Junimittel (38,1° bzw. 36,6°); da aber die Wintertemperaturen in der Sahara relativ niedrig sind, kann das Jahresmittel von Kauar dasjenige von Massaua nicht erreichen (vgl. Ergänzungsheft 34 zu Petermanns Mitt. und *Hann*, Klimatologie III, 71).

Früher galt Pondichery an der Koromandelküste südlich von Madras als Ort der höchsten Jahrestemperatur, die nach dem vom französischen Astronomen *Le Gentil* vom März 1768 bis Dezember 1769 täglich zur Zeit des Sonnenaufgangs und „au moment le plus chaud du jour" angestellten Beobachtungen 31,0° betragen sollte (vgl. Voyage dans les mers de l'Inde. Paris 1779—1781. 2 Bde. 4°. I. 474 ff.), ein Wert, der durch *Doves* Temperaturtafeln weitere Verbreitung gefunden hat. Er ist aber zu hoch, denn nach den neuen Beobachtungen des indischen meteorologischen Dienstes, deren Ergebnisse im Climatological Atlas of India eine schöne kartographische Darstellung gefunden haben, kann die mittlere Jahrestemperatur von Pondichery höchstens 28° betragen; diejenige des mehr nördlich gelegenen Madras ist 27,7°.

Die durch wirkliche Beobachtungen verbürgte niedrigste mittlere Jahrestemperatur hat Framheim (78° 38' S, 163° 37' W), das Standquartier von *Amundsen* auf seiner Südpolarexpedition. Nach den Berechnungen und Reduktionen, die zuerst *Mohn* und *Hann*, neuerdings *Simpson* an den 11 Monate lang gemachten Beobachtungen vorgenommen haben, kann man für diesen Punkt am Rande der antarktischen Eisbarriere rund —26° annehmen. Es ist vorzugsweise Strahlungskälte, die bei häufigen Windstillen einen so niedrigen Wert bedingt. Die einzelnen reduzierten Monatsmittel sind folgende:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Jahr
— 9,7	—15,4	—21,5	—27,6	—35,4	—34,4	—25,8
Juli	**August**	**September**	**Oktober**	**November**	**Dezember**	
—36,5	—44,8	—37,5	—24,2	—15,5	— 6,7	

Da der Südpol über 2000 m hoch liegt, wird in Wirklichkeit diesem die niedrigste Jahrestemperatur zukommen; sie muß erheblich unter —30° liegen, doch sind die Unterlagen für eine genauere Berechnung zu unsicher, und ich will sie daher lieber unterlassen. Für den zentralen und höchsten Teil des grönländischen Inlandeises (etwa 75° N., 3000 m) nimmt *A. Wegener* eine mittlere Jahrestemperatur von rund —32° an (vergl. *A. Wegener*: Durch Grönlands Eiswüste, in der Zeitschrift „Himmel und Erde“, XXVI, S. 505).

Bisher wurde als niedrigste Jahrestemperatur —20,4° angesehen, die aus den an Fort Conger in der Lady-Franklin-Bai (81° 44′ N., 65° 3′ W.) während des „internationalen (meteorologischen) Polarjahres“ von der amerikanischen Expedition unter Leitung von *Greely* angestellten Beobachtungen abgeleitet war (ausführliches Referat von *Hann* in der Meteorol. Zschr. 1890, 1—18).

Das höchste Monatsmittel der Temperatur gehört nicht, wie man leicht glauben könnte, dem Ort der höchsten Jahrestemperatur an. Es ist vielmehr mit 38,9° das Julimittel der Station Greenland Ranch im Death Valley, einer zwischen meridional verlaufenden Bergketten (Telescope Range und Funeral Mountains) liegenden und unter den Meeresspiegel herabgehenden Einsenkung nördlich von der Mohavewüste in Nordamerika (35° 40′ bis 36° 35′ N., 116° 15′ bis 117° 5′ W., —55 m). Auch der August hat daselbst noch das hohe Mittel von 38,2° (vergl. M. W. *Harrington*: Notes on the climate and meteorology of Death Valley, California. Washington 1892. 8°. 50 S. und Meteorol. Zschr. 1893, S. 19).

Bemerkenswert hoch ist die mittlere Junitemperatur von Jacobabad im westlichen Indien (28° 17′ N., 68° 29′ E., 57 m), nämlich 36,5° (August noch 35,0°) und die Julitemperatur von Berbera mit 36,3°, während die höchsten Monatsmittel am Roten Meer 35,2° (Juli) in Massaua und 35,3° (Juli) in dem südlich davon gelegenen Assab sind; in Berber am obern Nil hat der Juni eine Mitteltemperatur von 34,8°.

Das niedrigste Monatsmittel haben wir am sibirischen Kältepol, in Werchojansk (67° 6′ N., 133° 9′ E., 100 m) zu suchen, wo das Januarmittel —51,2° beträgt. Diese tiefe Temperatur ist aber nach *Woeikof* lokaler Natur, da sich die kalte Luft in dem zwischen Höhenzügen eingeschnittenen Tal der Jana, in dem Werchojansk liegt, ansammelt, während die benachbarten Plateaus wärmer sind (vergl. *Woeikof*: Le climat de la Sibérie orientale. Annal. d. Geogr. 1897/98). Jakutsk, das 5 Breitengrade südlicher liegt und früher als kältester Ort der Erde galt, hat ein Januarmittel von nur —42,9°.

Die große Kälte in Sibirien wird, da sie gewöhnlich mit Windstille verbunden ist, verhältnismäßig leicht ertragen. Man muß nur die Vorsicht gebrauchen, die Luft nicht direkt einzuatmen, sondern sie erst durch die Haare des Pelzes, der auch den Mund schützt, streichen zu lassen. Dagegen erzeugt tiefe Temperatur, verbunden mit starker Luftbewegung, wie jedermann aus Erfahrung weiß, ein durch

dringendes Kaltegefuhl und bedingt die eigentliche Strenge des Klimas An einigen Stellen am Rande des antarktischen Kontinents ist diese Winterstrenge besonders stark ausgepragt, wie zuerst der Meteorologe der Schwedischen Sudpolarexpedition, *G Bodman* in der Ueberwinterungsstation Snow Hill gezeigt hat (Das Klima als Funktion von Temperatur und Windgeschwindigkeit in ihrer Verbindung, in Wissensch Ergebnisse d Schwedischen Sudpolarexpedition 1901 bis 1903, unter Leitung von Dr *Otto Nordenskjold* Bd II Lfg 1 Stockholm 1908 4⁰, vergl auch *O Baschin* Die Winterstrenge als klimatischer Faktor „Das Wetter" 1918 S 101—108) Seitdem wurden die Windverhaltnisse der weiter unten noch naher zu erwahnenden antarktischen Station im Adelieland unter 67⁰ S bekannt, die wohl kaum einen Zweifel daruber lassen daß hier das harteste Polarklima zu suchen ist

Die Jahresschwankung der Temperatur, d h die Differenz zwischen der mittleren Temperatur des warmsten und des kaltesten Monats, hat ihren großten Wert am eben erwahnten sibirischen Kaltepol der nur vom November bis Marz als solcher besteht und dann allmahlich so hohe Temperaturen annimmt daß die mittlere Julitemperatur bis auf 15 1⁰ steigt Infolgedessen ist die Spanne zwischen hochster und niedrigster mittlerer Monatstemperatur daselbst sehr groß namlich 66 3⁰

Am kleinsten fallt die mittlere Jahresamplitude aus auf kleinen Inseln in niederen Breiten des Stillen Ozeans so z B auf der Koralleninsel Jaluit in der Gruppe der Marschallinseln wo sie nur 0 4⁰ betragt auf der nahe sudlich vom Aequator gelegenen Insel Nauru (0 6⁰) und auf der den westlichen Karolinen angehorigen Insel Yap (0,8⁰) Auf dem Festland sind durch kleine Jahresschwankung der Temperatur ausgezeichnet das eigentliche Aequatorialgebiet sowie hochgelegene Orte z B Luluaburg (0 7⁰) und Herbertshohe (0,7⁰) in Afrika Colon (0 5⁰) in Amerika Padang auf Sumatra (0 9⁰) Batavia auf Java (1 1⁰) , Cayenne und Georgetown in Guyana Para und Manaos im Amazonas je 1,5⁰ Quito (0 4⁰ in 2850 m Hohe) und Arequipa (0,8⁰ in 2450 m)

Bezuglich der aperiodischen Tagesschwankung der Temperatur mag es genugen darauf hinzuweisen, daß sie in hochgelegenen Steppen und Wustengebieten besonders groß ist z B in Calama in Chile (22 5⁰ S , 2250 m), wo sie im Jahresdurchschnitt 22,8⁰ betragt (Meteorol Zschr 1916, 381) in Kelat im afghanischen Grenzgebiet von Indien (2070 m) 21 6⁰ *(Hann* Klimatologie II, 205) daß sie aber sehr kleine Werte annimmt auf dem Ozean) und in Polargebieten, namlich nur 0,5 bis 2⁰

) Vgl *Braak* Het Klimaat van Nederlandsch Indie I 5 S 309 (Batavia 1924 8⁰) Bei trockenem sonnigem Wetter im Indischen Ozean 0 5⁰ Als Durchschnittswert fur alle Meere gilt 0 65⁰ *(H Meyer* in den Annal d Hydrographie 1912 S 531)

Die Frage nach der höchsten auf der Erde beobachteten Temperatur hat von jeher großes Interesse erweckt, sie ist aber schwer sicher zu beantworten, weil die genaue Bestimmung hoher Lufttemperaturen wegen der nicht leicht auszuschaltenden Fehler der Thermometeraufstellung und wegen der Rückstrahlung vom Boden großen Schwierigkeiten begegnet. Wenn der Erdboden in der Wüste bis zu 70° erhitzt ist, hält es schwer, die Bodenstrahlung auf das Thermometer ganz unwirksam zu machen. Man darf daher von vornherein annehmen, daß die gemessenen Temperaturmaxima eher zu hoch als zu niedrig sind, und man darf es mit dem Zehntel Grad nicht zu genau nehmen.

Die höchste bisher in einer festen Thermometeraufstellung (einem amerikanischen Thermometerstand vom Typus des Stevenson screen) gemessene Lufttemperatur war 56,6° am 10. Juli 1913 in dem schon erwähnten Todestal (Death Valley) an der Grenze von Kalifornien und Nevada. Diese ungewöhnliche Wärme, die an der tiefsten Stelle der Bodensenke wahrscheinlich noch größer war, trat in einer siebentägigen Hitzeperiode auf, die durch folgende Maxima gekennzeichnet ist:

1913 Juli	8	9	10	11	12	13	14
	53,3	53,8	56,6	53,8	54,4	54,8	52,7

Eine solche Folge von extremen Temperaturwerten dürfte selbst im Todestale selten vorkommen.

Im Innern von Neusüdwales sind 54° und im 21. Januar 184? sogar 55° gemessen worden (*Hann*, Klimatologie III, 485). An mehreren Orten der amerikanischen Wüsten von Arizona, Kalifornien und Neumexiko, wie Salton, Mammoth Tank, Mohawk Summit, hat es Maxima von 51° bis 51,4° gegeben (ebenda III, 425 ff.). Im Juli 1921 wurde in Basra am untern Euphrat ein Maximum von 58,8° festgestellt (Quart. Journ. R. Meteor. Soc. 1922, 278). *Rohlfs* beobachtete in der obgenannten Oase Kauar im Mai 53°, und fast eben so hohe Werte werden im Wüstengebiet von Indien erreicht, Jacobabad (28° 17' N., 68° 29' E.) an der Grenze von Beludschistan hatte am 13. Juni 1897 ein Maximum von 52,2°.

Man liest hin und wieder von noch viel höhern Temperaturen als den vorstehend genannten, aber sie sind entweder von vornherein als falsch zu bezeichnen oder so fraglich und unwahrscheinlich, daß sie nicht verdienen, hier mitgeteilt zu werden (man vergleiche zum Beispiel Meteorol. Zschr. 1893, S. 62, 279). Ich glaube, man darf als höchste beobachtete und genügend verbürgte Lufttemperatur 55° bis 56° annehmen, denn die in dem amerikanischen Thermometerstand im Death Valley abgelesene Temperatur von 56,6° ist wegen der Beeinflussung durch den von der Sonne erhitzten Stand, der nur eine geringe Höhe über dem Erdboden hatte, wahrscheinlich um 1° oder mehr zu hoch ausgefallen.

Nachträglich ersehe ich aus einer Notiz im Quart. Journ. R. Meteor. Soc. 1924, S. 324 (The highest recorded shade temperature) bezw. in der Meteor. Zschr. 1925, S. 39, daß nach einer Angabe von *F. Eredia* in seiner Schrift «Il clima di Azizia (Tripolitania)» am 13. September 1922 in Azizia, etwa 40 km südlich von Tripolis, bei wolkenlosem Himmel und Südwestwind ein Maximum der Temperatur von 58° beobachtet worden sein soll. Es erschien mir sogleich auffällig, daß relativ nahe dem Meer und in einer Gegend mit nur halb wüstenartigem Charakter eine so hohe Temperatur vorgekommen sein sollte. Ein Vergleich mit den übrigen tripolitanischen Stationen in der Veröffentlichung «R. Ufficio Agrario, Sezione Meteorologica» (Nr. 4, 5) zeigte auch, daß die Angabe um rund 10° höher ist als die am gleichen Tage bezw. am Tage vorher an andern Stationen abgelesenen Maxima: Tripolis 45,9°, Sidri Mesri 44,0°, Homs 44,5°, Zuana Marina 47,4°. Auch im Jahre 1923, in dem die genannte Veröffentlichung für Azizia als Maximum 57,3° verzeichnet, haben alle übrigen Stationen, deren Zahl auf neun gestiegen ist, Maximaltemperaturen, die 10 oder mehr Grad niedriger sind. Andererseits erscheint es auffällig, daß die in Azizia beobachteten Minima niedriger sind als die der übrigen Stationen. Ich möchte daher glauben, daß mangelhafter Schutz gegen Ein- und Ausstrahlung vorliegt oder daß sich die Thermometeraufstellung in einer Bodensenke befindet.

Nicht geringeren Schwierigkeiten begegnet eine zuverlässige Angabe über die niedrigste bisher beobachtete Lufttemperatur. Das Quecksilber wird bei —39,5° fest, und das alsdann an Stelle des Quecksilberthermometers gebrauchte Alkoholthermometer (bezw. neuerdings Toluolthermometer) ist aus mancherlei Gründen, auf die ich hier nicht einzugehen brauche, nicht so genau wie das Quecksilberthermometer.

Lange Zeit galt als niedrigste Temperatur die vom Kaufmann *Nemerow* am 21. Januar 1838 in Jakutsk gemachte Ablesung von —48° R = —60° C, die aber nach von *Middendorff* nur als «annähernd» betrachtet werden darf (vgl. Sibirische Reise, Bd. IV, T. I, 3. Lfg. Klima 1861, 4°, S. 343 ff.). Auf keiner Polarexpedition ist eine so niedrige Temperatur beobachtet worden: das tiefste Minimum war —58,8° in Floeberg Beach (82° 27' N., 61° 22' W.), —57,1° in der bereits genannten Lady Franklin Bai und —57,8° in der bemerkenswert niedrigen Breite von Fort Confidence (66° 40' N., 119° W.). Auf einer Schlittenreise zwischen Kap Evans und Kap Crozier (76° S., 168° W.) wurde auf der arktischen Eisbarriere einmal —76° F = —59,9° C beobachtet. Seitdem aber zu Ende der siebziger Jahre der sibirische Kältepol von Werchojansk bekannt geworden ist, sind wiederholt tiefere Temperaturen zur Ablesung gekommen. An diesem Ort beträgt bereits das mittlere Jahresminimum —62,2°, und das im Januar 1892 festgestellte absolute war —67,8°. Eine ähnlich tiefe Ablesung am Weingeistthermometer war die vom 3. (15.) Ja-

nuar 1885 namlich — 68°, die nach *H. Wild* auf das Luftthermometer reduziert sogar einer Temperatur von — 76° entsprechen wurde (*H Wild* Temperatur Minimum in Werchojansk im Winter 1884 auf 1885, in Melanges phys et chim, Acad des sciences, St Petersbourg, Tome XII pag 349—350, Meteor Zschr 1886, 178)

Vergleicht man miteinander die außern Bedingungen unter denen die großten Temperaturextreme die hochste und die niedrigste Lufttemperatur, vorgekommen sind, so erkennt man, daß in beiden Fallen eine sehr ahnliche orographische Beschaffenheit der Terrains vorhanden war die Bodensenke des Todestales, in die wie in einen Hohlspiegel die Sonne hineinbrennt, und das eingeschnittene Tal der Jana, in dem sich die durch die Ausstrahlung erkaltete Luft ansammelt, also beidemal konkave Formen der Erdoberflache

Luftfeuchtigkeit Bei der großen Unsicherheit der hygrometrischen Methoden und der wahrscheinlich infolgedessen zuruckgebliebenen Bearbeitung der Feuchtigkeitsbeobachtungen lassen sich nur ungefahre Angaben uber die Extreme der absoluten und der relativen Feuchtigkeit auf der Erde machen

Das hochste Jahresmittel des Dampfdruckes wird in tropischen Gewassern zu suchen sein wo bei hoher Temperatur des Meerwassers und der Luft sowie bei genugender Ventilation eine starke Verdunstung stattfindet Das ware im indischen Ozean namentlich im Bereich des Inselarchipels der Fall Das hochste Jahresmittel durfte 25 bis 26 mm betragen Port Blair auf den Andamanen im sudostlichen Teil des Bengalischen Meerbusens (11° 40 S) hat einen Jahreswert von 24,2 mm

Da der Wasserdampfgehalt der Atmosphare mit sinkender Temperatur abnimmt, wird der niedrigste Dampfdruck in den kaltesten Gegenden anzutreffen sein In der Tat hat Framheim nicht nur die niedrigste Jahrestemperatur, sondern auch den kleinsten Wert der absoluten Feuchtigkeit im Jahresmittel aufzuweisen Interpoliert man namlich die beiden fehlenden Monate Februar und Marz 1911 so erhalt man als wahrscheinlichstes Jahresmittel 0,9 mm wahrend der August das niedrigste Monatsmittel mit 0,1 und der Dezember das hochste mit 2,4 mm hat (vergl *H Mohn* Roald Amundsens Antarctic Expedition, Scientific Results, Meteorology Kristiania 1915 8° S 31) Das niedrigste Monatsmittel 0 1 mm findet sich nach dem russischen Klimaatlas auch bei Werchojansk und Jakutsk im Januar also im Gebiet des sibirischen Kaltepols

Die relative Feuchtigkeit ist auf tropischen Meeren und an deren Kusten das ganze Jahr hindurch so groß daß sich hohe Jahresmittel ergeben Ich nenne Pará an der Mundung des Amazonenstroms mit 90 Prozent und das regnerische Debundja am Fuß des Kamerunberges, wo die Monatsmittel zwischen 88 und 93 Prozent schwanken Aber auch in hohen sudlichen Breiten gibt es Orte mit gleichmaßig großer Feuchtigkeit, wie auf der Insel Laurie (60° 44 S , 44° 39 W),

mit einem Jahresmittel von 90 Prozent und geringen Schwankungen August 94 Prozent, Januar 87 Prozent. Auch auf der Macquarie Insel (54° 45' S., 159° E.) konnte die Australische Antarktische Expedition vier Monate hintereinander durchschnittlich 93 Prozent Feuchtigkeit feststellen. Noch höher sind die Jahresmittel auf Berggipfeln, die häufig in Wolken gehüllt sind, wie z. B. auf dem Ben Nevis (1343 m) in Schottland, 94 Prozent und dem 2877 m hohen Singgalang auf der Westseite von Sumatra, 93 Prozent (*C. Braak*, Het Klimaat van Nederlandsch Indie S. 349). Die größten langjährigen Monatsmittel betragen hier 96 bis 97 Prozent.

Die niedrigsten Jahresmittel der relativen Feuchtigkeit gehören den Wüstengebieten im Innern der Kontinente an und gehen bis unter 30 Prozent herab. Khartum am Nil (15° 38' N., 370 m) hat nach der Monographie von *L. J. Sutton*, The climate of Khartum, Cairo 1923, 8°, ein Jahresmittel von 28 Prozent (April 13 Prozent, August 49 Prozent), Berber am Nil (18° N.) 29 Prozent, Wadi Halfa, gleichfalls am Nil (21° 55' N., 130 m) 32 Prozent, Timbuktu am Niger 33 Prozent. Mitten in der Wüste, wo keine Oase und kein Gewässer vorhanden ist, werden die Jahresmittel sicher unter 30 Prozent bleiben.

Bewölkung. Dieses auf Schätzungen beruhende Klimaelement bietet naturgemäß bei Vergleichen einige Unsicherheiten dar, die auch bei extremen Werten sehr störend wirken können.

Die Gegend, wo der Himmel durchschnittlich am meisten mit Wolken bedeckt ist, liegt wahrscheinlich im europäischen Nordmeer und am Weißen Meer sowie im Südpolarmeer. *O. V. Johansson* hat für den unter dem nördlichen Polarkreise und am Ostrande der Halbinsel Kola liegenden Leuchtturm Sosnowez ein Jahresmittel von 8,8 und fast ebenso hohe Werte für einige Orte auf den Faeroer gefunden (Meteorol. Zschr. 1911, 409). Die Monatsmittel von November und Dezember erreichen in Sosnowez den Wert 9,4. In hohen Breiten der Südhalbkugel werden wahrscheinlich ebenso trübe oder noch trübere Gegenden existieren. So nimmt *G. Schott* (Geographie des Atlantischen Ozeans, Hamburg 1912, 8°, S. 212, Tafel XXIII) im östlichen Teil des Weddell-Meeres ein Gebiet mit mehr als 9,0 mittlerer Bewölkung an. Er stützt sich dabei auf die Beobachtungen der „Valdivia“ und der „Scotia“-Expeditionen.

Die kleinste mittlere Bewölkung geht zwar nicht bis zur möglichen unteren Grenze (Null) herab, bleibt aber unter 1, denn für Assuan am obern Nil wird sie mit 0,5 angegeben. In einzelnen Monaten ist sie hier und an andern Wüstenorten auch im Durchschnitt wirklich 0. Eine sehr geringe mittlere Bewölkung haben auch Bahrein im Persischen Golf mit 0,8 (vergl. *Schott*, Ozeanographie und Klimatologie des Persischen Golfes und des Golfes von Oman) sowie Orte im indischen Wüstengebiet, wie Multan im Punjab mit 1,7, Quetta in Britisch-Beludschistan mit 1,9, ferner Yuma in der nordamerikanischen Gila-Wüste mit 1,7.

Niederschlag Als regenreichster Ort der Erde wird seit langem Cherrapunji in Indien angesehen, das eine mittlere Jahresmenge von rund 11,000 bis 12,000 mm hat Es liegt auf dem 1250 m hohen Plateau der Khasi Hills, die nordostlich von Calcutta aus der Ebene von Bengalen steil aufragen und ganz im Luv des Sudwestmonsuns liegen Es sind also Steigungsregen welche die große Menge be dingen Das am Sudfuße der Hugel gelegene Sylhet erhalt bloß den dritten Teil (4033 mm) und das auf der Nordseite, also im Regen schatten liegende Shillong sogar nur 2057 mm Man weiß auch seit mehreren Jahrzehnten daß der Betrag der Regenmenge in Cherra punji mit dem Aufstellungsort des Regenmessers auf dem Plateau stark wechselt *H F Blanford* hat im Quart Journ R Meteorol Soc XVII, 1891 S 146—154 einen ausfuhrlichen Bericht mit Lage plan uber diese Verschiedenheit des Regenfalls gegeben und viele interessante Einzelheiten uber exzessive Monats und Tagesmengen mitgeteilt Vor kurzem wurden von *G T Walker* neue Mittelwerte aus den Beobachtungen in den Jahren 1878—1920 veroffentlicht, an die ich mich hier halten werde (Monthly and annual normals of rainfall and of rainy days from records up to 1920 Mem Indian Meteorol Departement vol XXIII, part VII Calcutta 1924 Fol)

Die den folgenden Stationsnamen in Klammern beigefugten Zahlen bedeuten die Anzahl der Beobachtungsjahre

Jahrlicher Regenfall in Cherrapunji

Polizeistation (49)	10 867 mm	158,5 Tage
Walliser Missionshaus (18)	11 219	162 4 ,
Shadwells Haus (12)	11 421	162 1
Rom Kathol Missionshaus (11)	9 690	162 9 ,

Weiterhin wird aber in derselben Gruppe von Stationen in den „Khasi and Jaintia-Hills“ fur die Station Manovuram (5) die nach den beigefugten Bezeichnungen zu urteilen inzwischen eingegangen ist und uber 3500 feet (1067 m) hoch liegt, ein alle vorhergehenden und nachfolgenden ubertreffender Wert angegeben, namlich 12 665 mm Etwas Naheres uber die Lage dieser Station wird nicht mitge teilt, auch habe ich sie auf Karten nicht auffinden konnen Es ware moglich, daß unter den 5 Beobachtungsjahren, aus denen das Mittel gebildet ist, einige besonders nasse waren, denn auch in Cherra punji unterliegt der jahrliche Regenfall sehr erheblichen Schwan kungen

Dieses erstaunlich hohe Jahresmittel der Regenmenge in Indien wird fast erreicht auf einer Station, die auf Kauai der nordlichsten Insel der Hawaigruppe, liegt Bei der neuen geologischen Aufnahme dieser Insel hat man die gute Idee gehabt auf dem Gipfel (1547 m) des vulkanischen Berges Waialeale der fast die ganze kleine Insel Kauai einnimmt, einen Regenmesser aufzustellen an dem regelmaßige Messungen ausgefuhrt wurden Die ersten 5 Jahrgange ergaben einen

Mittelwert von 12 090 mm[3]) (Monthly Weather Review, vol. 47, 305—308). Auch diese Regen sind Geländeregen, die der Nordostpassat beim Aufsteigen auf die ganz frei gelegene Insel erzeugt.

Eine dritte Stelle auf der Erde mit ungewöhnlich großem Regenfall ist der Westfuß des Kamerunpiks am Golf von Guinea. Die nur 5 m über dem Meeresspiegel liegenden Pflanzungen Debundja und Bibundi, die durch die Fürsorge *A. v. Danckelmans* frühzeitig von der deutschen Kolonialverwaltung mit Regenmessern (darunter auch einem selbstregistrierenden) versehen wurden, haben nach 11 bezw. 8½jährigen Beobachtungen eine mittlere Jahresmenge von 10 469 mm, oder Bibundi, nach *Maurer* auf Debundja reduziert, sogar 11 050 mm (*Hann*, Klimatologie II, 71). Zieht man in Betracht, daß diese Mengen fast im Meeresspiegel gemessen worden sind und daß in größerer Höhe am Abhang des Kamerunberges noch viel mehr Regen fallen bezw. eine Zone maximalen Regenfalls existieren muß, so kommt man zu dem Schluß, daß die regenreichste Gegend der Erde der Westabhang des Kamerunberges ist.

Welcher ist der niederschlagsärmste Ort der Erde? Zunächst kann man fragen: gibt es einen Ort ohne jeden Niederschlag? Ich glaube nicht. Auch in den trockensten Wüstengebieten kommt es gelegentlich einmal zum regnen, und die von den „ältesten" Eingeborenen oftmals gemachte Aussage, daß es an ihrem Ort noch nie geregnet habe, ist häufig genug durch wissenschaftliche Reisende widerlegt worden. Die mittlere Jahresmenge des Regens wird also nirgends Null sein. Es gibt aber sicherlich Orte, an denen in einzelnen Jahren oder sogar in mehreren Jahren hintereinander keine meßbaren Niederschläge fallen. An den trockenen Küsten von Chile und Peru, im ehemaligen Deutsch-Südwestafrika, in Oberägypten, in Australien sind solche Fälle wiederholt festgestellt worden. Früher galt das Nilgebiet bei und oberhalb Assuan als ganz regenlos; seitdem es aber in Aegypten einen geordneten meteorologischen Beobachtungsdienst gibt, sind kleine Regenfälle daselbst mehrfach konstatiert worden. So gab es in Wadi Halfa (21° 55' N.) im Jahrzehnt 1891—1900 keinen meßbaren Niederschlag; Regentropfen aber wurden während dieser zehn Jahre im ganzen an 22 Tagen beobachtet, 1895 und 1898 auch nicht einmal diese. Es wird aber hinzugefügt, in der angrenzenden Wüste gibt es in langen Zwischenräumen schwere Regenstürme (Me

[3]) Ortsnamen mit der Anfangs- bezw. Stammsilbe Wai kommen auf den Hawaiischen Inseln wiederholt vor, wie die Karte Nr. 81 in Stielers Handatlas erkennen läßt, besonders häufig auf den Nord- und Nordostseiten, also in Lagen, die dem Regen bringenden Nordostpassat ausgesetzt sind. Es lag daher die Vermutung nahe, daß Wai etwas mit Wasser zu tun hat oder es direkt bedeutet. Ich fand das auch wirklich bestätigt in dem Werk von *A. Krämer*, Hawaii, Ostmikronesien und Samoa (Stuttgart 1906, 8⁰), in dem auf S. 84 Waialeale als sprudelndes Wasser übersetzt wird. Nachträglich sehe ich, daß auch das Dictionary of the Hawaiian language von *L. Andrews* (Honolulu 1865, 8⁰) eine derartige Deutung bezw. die Uebersetzung wogendes Wasser rechtfertigt.

teorol Zschr 1904, 285) Vor einigen Jahren berichteten die Tageszeitungen von einem ungewohnlich starken Regenfall in Assuan, der die leicht gebauten Hauser der Eingeborenen arg beschadigte bezw zerstorte Ebenso wissen wir daß solche Regengusse bald hier, bald da in der Wuste Sahara sowie in den Wustengebieten von Amerika und Australien vorkommen Messungen liegen allerdings hochst selten vor, aber die vom Wasser ins Erdreich gerissenen Wadis und Barrancos sind die besten Beweise fur das Vorkommen solcher Regengusse Es kommen auch in den Wusten gelegentlich Ueberschwemmungen vor, die durch exzessive Regenfalle hervorgerufen werden (vergl *Petermann*'s Mitt 1899 S 174 und fur die sudamerikanischen Wusten das Buch von B Vicuña Mackenna Ensayo historico sobre el clima de Chile desde los tiempos prehistoricos hasta el gran temporal de Julio de 1877 Valparaiso 1877 8° XI, 490 S)

Die kleinsten mittleren Jahresmengen des Regens die durch wirkliche Messungen ermittelt wurden, sind in Chile 5 mm in Iquique (20° 2 S), 6 mm in Antofagasta (23° 6 S) 21 mm in Caldera (27° S) im ehemaligen Deutsch Sudwestafrika 10 mm in Walfischbai

Die großte mittlere Monatsmenge des Regenfalls gehort dem obengenannten indischen Ort Manoyuram an, wo im Juli durchschnittlich 2852 mm fallen Die kleinste mittlere Monatsmenge ist naturlich 0, die an vielen Orten, die ich hier nicht zu nennen brauche vorkommt

Bei der sehr verschieden gehandhabten Zahlungsweise der Niederschlagstage, namlich ohne jede untere Grenze, mit der unteren Grenze 0 1, 0,2, 0,3 0 5, 1,0 und sogar 2,5 mm (0,1 inch, wie z B in Indien), ist ein strenger Vergleich der Zahl der Tage mit Niederschlag an verschiedenen Orten ganz unmoglich

Eine ungewohnlich große Regenhaufigkeit herrscht jedenfalls auf der schon genannten Insel Jaluit in der Gruppe der Marschallinseln Nach den von deutschen Kolonialbeamten gemachten Beobachtungen gab es daselbst

	Tage mit	
	Regen uberhaupt	mehr als 1 mm
1893	343	274
1894	335	268
1895	329	253
Mittel	336	265

Die absolute Regenwahrscheinlichkeit auf Jaluit ist also 0 92 die anderswo wohl kaum ubertroffen werden wird Aber eine ahnlich große Regenhaufigkeit kommt noch einmal im Stillen Ozean vor, jedoch in hoherer sudlicher Breite Die nahe dem Westeingang der Magellanstraße liegende Islote de los Evanjelistas, ein odes Inselchen von 53 m Hohe, zahlt namlich durchschnittlich 317 Tage mit meßbarem Niederschlag im Jahre In den einzelnen Jahren war die Zahl der Tage mit meßbarem Niederschlag

1899	305	1904	315	1909	316
1900	285	1905	332	1910	?
1901	308	1906	332	1911	?
1902	314	1907	308	1912	329
1903	332	1908	326	1913	323

Orte mit mehr als 300 Niederschlagstagen sind, allerdings nur nach kurzen Beobachtungsreihen beurteilt: Südgeorgien (301 Tage), Kerguelen (303), Orangebai bei Kap Horn (306), also alles Orte in höheren südlichen Breiten. Eine auffällig große Regenhäufigkeit in niederen Breiten findet sich auf einigen westindischen Inseln, wie St. Vincent, Martinique und Trinidad, und an der Ostküste von Mittelamerika. Porto Bello auf Panama — in Stieler's Handatlas „Puerto Belo" — dürfte 310 und Bluefield an der Ostküste von Nicaragua rund 300 Regentage haben. Alle westindischen Orte mit 300 oder mehr Regentagen liegen im Luv des Nordostpassates, der hier eine mehr östliche Richtung hat.

Ueber Gegenden ohne jeden Niederschlag im Jahre habe ich schon oben gesprochen; dagegen ist über die größte Zahl von Niederschlagstagen in einem Monat noch einiges zu sagen. Diese kann in Gegenden mit einer stark ausgesprochenen Regenzeit das größtmögliche Maximum, nämlich 30 bezw. 31, ganz oder nahezu erreichen. So führt die obenerwähnte Veröffentlichung von *Walker* über den Regen in Indien einige Orte an, bei denen im Juli bezw. im August, wenn die Regenfälle des Südwestmonsuns ihre Höhe erreicht haben, die mittlere Zahl der Regentage zwischen 30 und 31 liegt. Dabei ist zu bedenken, daß im indischen Beobachtungsgesetz als Regentag nur ein solcher gezählt wird, an dem mindestens 0,1 inch = 2,5 mm gefallen ist. Wäre die untere Grenze, wie bei uns, 0,1 mm, dann würde die mittlere Zahl von 30 bezw. 31 Regentagen in einem Monat sehr viel häufiger vorkommen.

Natürlich gibt es auch in andern Gegenden mit streng periodischem Regenfall Monate mit durchschnittlich 30 bis 31 Regentagen, so in Baliburg (Kamerun), Adis Abeba (Abessinien), Baguio (Philippinen), Nossi Bé (Madagaskar) usw.

Ungewöhnlich viel *Gewitter* hat Abessinien, wo zwischen 7° und 14° n. Br. durchschnittlich 214 Tage mit Gewitter im Jahre nach *A. D'Abbadie* gezählt werden, vergl. seine Monographie „Sur le Tonnerre en Éthiopie" (Paris 1858, 4°, S. 19 ff.). Diese Zahl bezieht sich aber auf einen Raum von 7 Breitengraden Erstreckung und läßt nicht erkennen, wieviel Gewitter an einem Ort vorkommen. Andere gewitterreiche Orte sind: Entebbe am Nordufer des Victoria Nyanza in Ostafrika (200 Gewittertage), Baliburg im Kamerungebiet (5° 53' N., 10° 2' E., 1340 m) (212 Tage), Salaga (8° 32' N., 0° 11' W., 170 m) (188 Tage), Yaunde, östlich vom Kamerunberg (3° 49' N., 11° 38' E., 750 m) (165 Tage) usw.

Ob freilich diese Häufigkeitszahlen untereinander wirklich vergleichbar sind, lasse ich dahingestellt, denn die Auffassung der Ge-

witter und der Gewittertage ist ja immer noch schwankend, und in der Zeit in der die diesen Ergebnissen zugrunde liegenden Beobachtungen gemacht wurden sicherlich sehr ungleich gewesen

Die Gewitter fehlen ganz in den beiden Polarkappen, und zwar in der Arktis jenseits 70 bis 80° Breite, in der Antarktis jenseits 55 bis 60° (vergl *N Kalho* Die Erstreckung des Gewitters nach dem Nord und Sudpol Soc Scient Fennica Comment phys math II 10, 1924)

Wind Bei der Windrichtung handelt es sich um die Feststellung der Gegensatze großte Bestandigkeit und haufigster Wechsel

Die Gegenden mit der bestandigsten Windrichtung sind offenbar die von den Passatwinden uberwehten Meere Genauere Zahlen maßige Angaben daruber liegen vom Sudostpassat des Atlantischen Ozeans vor, der von *Hann* an der Hand der Beobachtungen auf den in ihm gelegenen Inseln Fernando de Noronha (3° 50 S 32° 25 W) und Ascension (7° 55 S, 14° 25 W) naher untersucht worden ist (Meteorologie von Fernando de Noronha, einer kleinen ozeanischen aquatorialen Insel Sitzungsber d Wiener Ak, math naturw Cl CXXIII Abt IIa Juni 1914) Die nach der *Lambert*schen Formel berechnete mittlere Windrichtung ist fur Fernando de Noronha im Jahresdurchschnitt E 33° S, fur Ascension E 39° S, sie schwankt in den zwolf Monatsmitteln nur um 13° bezw 8°

Die haufigsten Windrichtungswechsel werden da stattfinden wo am haufigsten barometrische Depressionen vorbeiziehen Eine die ganze Erde umfassende Statistik daruber gibt es nicht, so daß eine auf Zahlen sich stutzende Angabe unterbleiben muß Der Nordatlantische Ozean sudwestlich von Island der nordliche Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika (Grenzgebiet von Kanada) die Gewasser um Kap Horn und ostwarts zum Sudatlantischen Ozean gehoren offenbar zu diesen Gebieten

Genugend sicher vergleichbare Angaben uber die mittlere Starke oder Geschwindigkeit des Windes an verschiedenen Orten aller Festlander fehlen fast ganz, da die Art der Aufstellung insbesondere die Hohe der Instrumente uber dem Boden von Station zu Station zu stark wechselt Es gibt aber eine Gegend auf der Erde deren Windverhaltnisse so ungewohnliche sind und von den uns bekannten so stark abweichen, daß wir wohl unbedenklich sagen konnen das ist die windigste Gegend der Erde Ich meine die Commonwealthbai in Adelieland am Rande des antarktischen Kontinents (67° S 42° 40 E), die von dem Leiter der australischen Sudpolarexpedition (1911—1914) Sir *Douglas Mawson* den Namen the home of the blizzard" erhalten hat „Of one thing we were certain and that was that Adelieland was the windiest place in the world" heißt es auf S 156 des zweiten Bandes des Reiseberichtes Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug im ersten Jahr (1912/13) 22 3 mps einzelne Tagesmittel erreichten 44 mps und einzelne Windstoße 90 mps Naheres in The Home of the Blizzard Being the Story of the Au

stralian Antarctic Expedition, 1911—1914 By Sir *Dougla Mawson* London (1915), 8⁰, 2 Bde

Die windstillste Gegend der Erde durfte im Innern eines Kontinents, und zwar im Windschatten von Bergen liegen

Zum Schluß lasse ich eine Gegenuberstellung der im vorstehenden nachgewiesenen Grenzwerte folgen

	Maximum	Minimum
Jahresmittel der Temperatur	30 2°	—25 8° (—32°)
Monatsmittel der Temperatur	38 9°	—51 2°
Mittlere Jahresschwankung der Temperatur	66 3°	0 4°
Mittlere jahrliche Tagesschwankung der Temperatur	22 8°	0 5°
Absolute Temperaturextreme	56°	— 68°
Jahresmittel des Dampfdrucks	25 mm	0 9 mm
Monatsmittel des Dampfdrucks	28 mm	0 1 mm
Jahresmittel der relativen Feuchtigkeit	90 %	28 %
Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit	95 %	13 %

	Maximum	Minimum
Jahresmittel der Bewolkung (Skala 0 10)	9 0	0 5
Monatsmittel der Bewolkung (Skala 0 10)	9 4	0 0
Mittlere jahrliche Niederschlagshohe	12665 mm	< 1 mm
Mittlere monatliche Niederschlagshohe	2852 mm	0 mm
Mittlere Zahl der Niederschlagstage im Jahre	336	< 1
Mittlere Zahl d Niederschlagstage im Monat	30 (31)	0
Mittlere Zahl der Gewittertage im Jahre	214	0

Es ware interessant noch festzustellen, innerhalb welcher Grenzen die großten und kleinsten Mittelwerte — nur die Rubrik „Temperaturextreme" enthalt Einzelwerte — schwanken konnen Einiges daruber ist im vorstehenden bereits gesagt worden, aber zur allgemeinen Beantwortung der Frage reicht das vorhandene Beobachtungsmaterial nicht aus bezw liegt nicht in dazu geeigneter Form veroffentlicht vor

Ueberblickt man zum Schluß die hier aufgestellten Grenzwerte der Klimaelemente und die Verhaltnisse unter denen sie auftreten, so erkennt man, daß sie zwar alle ubrigen Werte ubertreffen, aber doch nicht so vereinzelt dastehen daß zwischen ihnen und den nachst folgenden Werten ein großer Abstand ware Unwillkurlich denkt man dabei an den alten Spruch Natura non facit saltum Bei den niedrigsten Jahrestemperaturen konnte es so scheinen aber es ist zu bedenken daß aus dem antarktischen Gebiet noch viel zu wenig wirkliche Beobachtungen vorliegen Auch da werden Uebergange von — 26 zu — 32 oder noch tiefern Graden vorhanden sein

Sodann geht aus dem Vorhergehenden zur Genuge hervor, daß sich weder Ort noch Betrag der Grenzwerte theoretisch voraus bestimmen lassen Nur aus den Ergebnissen wirklicher Beobachtungen konnen sie abgeleitet werden und darum mussen sie, wie ich bereits eingangs bemerkte in Zukunft Aenderungen erfahren, wenn die klimatische Erforschung der Erde weitere Fortschritte gemacht haben wird

Curiosita circa la pioggia studiata su piani verticali orientati e circa l'influenza biologica della radiazione solare

Prof Dr *Alfonso di Vestea* Pisa

Direttore dell'Istituto d Igiene presso l Universita di Pisa, ho avuto occasione di fare delle indagini che possono avere rapporto con le condizioni del clima locale, percio ho creduto di farle presenti a questo congresso

Comincio dalla pioggia che oltre di essere studiata sistematicamente nel modo ovvio raccolta cioe mediante imbuto disposto orizzontalmente, e altresi oggetto d'indagine circa il modo come la quantita annua, stagionale o mensile di essa si ripartisce sopra piani verticali orientati, quali si presentano le superfici dei muri delle nostre abitazioni piu o meno esposti al bagnamento Chiamo, per intenderci, *pioggia obliqua* la risultante del fenomeno

A intraprendere un tal metodo d indagini pluviometriche fui mosso dal concetto che il grado di bagnamento delle superfici murarie verticali, *data una certa qualita chimica dell'acqua piovana,* debba poter influire, non che sul naturale processo di deterioramento de'materiali costruttivi, ma anche sulle interne condizioni igieniche della casa, in riguardo particolare del regime termo igrometrico e della maggiore o minore purezza dell aria Dimorando in luogo prossimo al mare richiamava molto la mia attenzione il noto fatto, che non di rado la pioggia convoglia e trasporta lontano, divisa in finissimo pulviscolo, dell'acqua marina in sostanza (se ne ha tracce nell'Italia centrale a Firenze a Perugia, ossia a distanza di 70 e 120 chilometri dalla spiaggia tirrena), cosicche le superfici murali se non sieno impermeabilizzate, abitualmente bagnate da piogge simili debbono dopo qualche tempo presentarsi fortemente infiltrate di polveri comuni e principi igroscopici, materie propizie alle vegetazioni crittogamiche E di qui uno stato di permanente umidita associata a insensibili azioni chimico biologiche, che solo la diretta indagine sperimentale puo dire se e fino a che punto possano interessare l igiene della casa, nel senso piu largo di tale espressione

Messo da parte il punto del problema riferentesi al processo naturale di deterioramento de' materiali costruttivi[1]), formai l'attenzione sull'altro punto delle interne condizioni igieniche della casa, memore d'una classica esperienza del *Pettenhofer* sviluppata poi da' suoi scolari per mezzo del sensibilissimo *manometro differenziale* di *Recknagel*. Per i quali studi oggi è noto che sotto il semplice variare delle condizioni termiche tra l'interno e l'esterno (a parte la facile coefficienza del vento), si determinano piccole differenze di pressione dell'aria animatrici d'un movimento insensibile della stessa: per esempio, se ne osserva d'inverno dall'esterno all'interno, *specialmente di notte* ne' piani bassi delle abitazioni.

Cotesto passaggio insensibile d'aria da fuori, ben è vero, non può costituire un coefficiente di ventilazione nel senso proprio di tale espressione, ma a mio avviso, non può non ammettersi che, esistendo nello spessore de' muri un fomite, sia pur piccolo ma perenne di esalazioni incomode o malsane, le medesime sieno sollecitate a penetrare nelle nostre stanze come un altro fattore di guasto delle atmosfere confinate. Senza dire che i muri esterni, compenetrati di sali igroscopici, devono presentare una minore termocoibenza contribuendo al più facile raffreddamento.

* * *

Spiegata così la direttiva generale del mio studio, e rilevate le disposizioni che ne potrebbero dipendere per il regime igienico della casa, passo a dire in due proposizioni le risultanze più notevoli.

A. La quantità annuale o stagionale della pioggia, cadente sopra un piano verticale orientato, non è in modo assoluto in rapporto con la direzione dei venti locali. Sono soprattutto possibili, a mia esperienza, due eccezioni. Primamente — cosa ovvia — la limitatezza di orizzonte dell'edifizio, e quindi, trattandosi di ambiente urbano, il grado di addensamento edilizio: nel qual caso decide *la configurazione degli spazi liberi*. Secondariamente la eventualità di *influenze di pendio* per la vicinanza di rilievi montuosi capaci di deviare dalla particolare traiettoria il vento dominante.

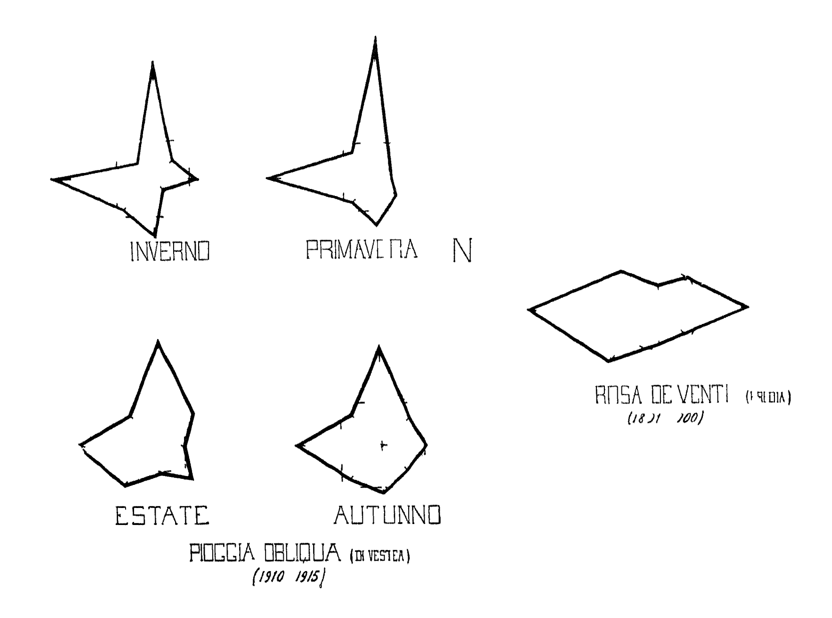
Della seconda eccezione offre un esempio veramente suggestivo la città di Pisa, con la sua giacitura al piede del Monte di S. Giuliano da una parte e dell'estremo lembo meridionale delle Alpi Apuane dall'altra, e trovandosi a una diecina di chilometri o poco più dall'alto Tirreno, notoriamente battuto da venti burrascosi.

Le forti libecciate, per cui vedesi spesso l'Arno superficialmente increspato a ritroso, agitano sì fortemente l'ampia distesa di mare, che l'atmosfera diviene satura di acqua marina nebulizzata: sopravvenendo allora la pioggia, portata dagli stessi venti, il pluviometro a quattro sezioni verticali intercetta le maggiori quantità di

[1]) Gli antichi costruttori dei famosi monumenti pisani ebbero l'intuito di fare diversamente la copertura delle due metà della cupola del Battistero essendo una esposta alle piogge da mare.

pioggia con l'imbuto rivolto verso nord, all'uscita del fiume Serchio dalla foce tra i due massicci montuosi. Il che non saprebbesi intendere altrimenti, se non ammettendo che la corrente aerea da sud ovest o sud ovest, apportatrice di pioggia, urti contro il Monte Pisano e quindi si ripieghi per rovesciarsi di nuovo su Pisa come scendente per Valle di Serchio; ma non pioggia fredda da nord, bensì pioggia tanto più atta a diffondere calore nell'ambiente — Meno favorevole, per simili *fenomeni di pendio* si presenta la dorsale delle Alpi Apuane, che si dirige tanto maggiormente verso nord ovest.

Dimostra meglio che io non dica la rappresentazione grafica del fenomeno, in confronto con la locale *rosa de venti* data dall *Eredia* la quale è fondamentalmente a spese di rombi poco battuti dalla *pioggia obliqua*) — Analogo distacco mi fornirono le risultanze di due annate di osservazioni presso il *Camposanto monumentale* (fatte con particolare finalità). Erano due i *pluviometri differenziali* rispettivamente, nel recinto e sul tetto del loggiato a nord, che è quello con orizzonte più libero. In alto si ripeteva, anche più distintamente, il fenomeno descritto; in basso avevasi atteggiamento affatto contrario, obbligato dalla forma rettangolare dello spazio libero del recinto stesso.



---

[2]) V. diagramma dove il circolo e i quadrati *in punteggiato* indicano la quantità di pioggia caduta (pluviometro ordinario); le figure in *linea continua forte* danno idea della *pioggia obliqua* (pluviometri verticali orientali).

B — Altro fatto, di spiccato carattere locale, e la ricchezza de cloruri alcalini, elemento indice di piu spedita ricerca della presenza d'acqua marina

In mancanza di termini di confronto circa la *pioggia obliqua* prendo esempio da dati secondo la comune maniera di misura raccolti nei dintorni di Firenze, a Perugia e a Catania Ne due primi luoghi si e potuto riscontrare 9 e 5 milligrammi, per litro, di cloruro sodico in Catania, battuta a preferenza da venti del II° Quadrante 8 milligrammi A Pisa invece ho avuto 11 milligrammi come media d un lunghissimo periodo, notandosi in singole osservazioni valori perfino da 20 a 50 E regolarmente le reazioni piu vistose si verificano nelle prove d aqua da sud ovest, da sud e da ovest

Ho fatto ancora delle determinazioni di *residuo dell'evaporazione* seccato a 100°—110°, pesando successivamente l'aumento per ripresa dell umidita all aria del laboratorio durante 24 ore, e calcolando tale aumento come *indice di igroscopicita* Ho ottenuto per media di 85 osservazioni 0 035 per mille, con la percentuale 0,65 di *igroscopicita* verificando valori singoli anche di 50 e 80 milligrammi e gradi *igroscopicita* perfino di 300 e 400 °/° E interessante di notare in proposito che *non esiste parallelismo preciso tra salsedine e igroscopicita* cio che sta a conferma del concetto, essere acqua marina in sostanza ossia *integrale* quella che diciamo passi nebulizzata nell aria Di vero, data tale concezione, devono concorrere al grado igroscopico globale insieme con i cloruri alcalini, i solfati e i sali magnesiaci

Ecco giustificata appieno l'antica volgare opinione, usa a considerare l'aria presso i litorali come *medicata* Nelle marine pisane e lucchesi ben prima della propaganda del Barellai a favore dello Ospizio marino per le forme infantili della tubercolosi, erano in onore a pro dei bambini predisposti e infermicci oltre al bagno, le *cure d aria marina* affittandosi dai direttori d'ospedale delle umili capanne di pescatori Ed e pur noto come si ricercava il soggiorno di Pisa da malati di petto, prima che vi fossero i Sanatori alpini

Mi resta da aggiungere, che l arricchimento dell atmosfera in principi dell acqua marina segue molto da vicino lo stesso regime locale delle piogge, le quali si ripartiscono nell'anno meteorologico (cominciato da dicembre) in ragione decrescente cosi

autunno inverno primavera estate

Posto ad esempio 86 mm il valore medio mensile generale di un periodo piu che decennale, le medie stagionali si seguono secondo i rapporti

31 1   20 6   19 5   15 2

Donde e chiaro, che il periodo favorevole ai fatti sopra rilevati occupi centro i mesi invernali, gran parte dell anno

* * *

Per terminare con qualche considerazione d'ordine applicativo circa la cura climatica della tubercolosi, non deve mancare un semplice accenno all'altro importantissimo elemento, la *radiazione solare*. Per essa non posseggo studi regolarmente proseguiti[3]), ma quale sia la spettanza di massima efficacia sanitario igienica si induce da queste due esperienze — Si può vedere da noi in Pisa anche d'inverno (soprattutto nelle ore del mattino) delle prove di latte non bollito o del suo siero, tinte con bleu di metilene *scolorarsi* in meno di 3'' — che è come dire *istantaneamente*. D'altra parte, delle prove culturali in agar dentro recipienti di vetro sottile, fittamente seminate ad es. di *B. prodigioso* se si espongono al sole per $1^1/_2$ a 3 ore (secondo ora e stagione) ricoperte da uno stampo di disegno in carta nera, e quindi si mettono in termostato per lo sviluppo delle colonie, danno delle eleganti *negative batteriologiche* (come potrebbesi chiamarle) del disegno medesimo.

E per le cose da me spiegate mi par lecita una riflessione.

In Italia siamo ben lontani ancora dal possedere (non ostante le leggi di fine guerra in riguardo della lotta antitubercolare) *Sanatorii climatici* nel numero che sarebbe necessario, e i pochi organizzati *lege artis* si è preferito di costruirli in montagna, sulle Prealpi. Se agli albori della tisioterapia climatica della tubercolosi polmonare, *Biagio Gastaldi* di Torino e l'inglese *Bennet* pur esso medico non indarno chiesero salute l'uno ai monti di Lanzo e l'altro agli scogli di Mentone, non metterebbe conto di vedere che cosa può dare la *montagna solatia e boscosa specchiantesi nell'azzurro Tirreno?* E di simili posti a doppio effetto ne abbiamo nella stessa regione (cui si riferiscono su per giù le mie modeste osservazioni), come dissi, ricercatissima prima de'Sanatori dai tubercolosi forestieri e che dette tanta luce d'ispirazione poetica a *Byron* e *Shelley*!

È una domanda che mi vengo facendo, non solamente tra me e me, da un quarto di secolo.

---

[3]) Mi propongo di farne dopo presa qui conoscenza diretta de' procedimenti interessantissimi del *Dorno*.

La direction du vent en climatologie

Par M. *Louis Besson*, Chef du Service météorologique de la Ville de Paris, Chef du Service climatologique de l'Institut d'hydrologie et de Climatologie du Collège de France.

En climatologie, on a souvent besoin de représenter par une brève notation la manière d'être d'un élément météorologique pendant un laps de temps déterminé.

On fait usage, à cet effet, de moyennes.

Au point de vue thermique, par exemple, on caractérisera un mois par sa température moyenne, en faisant volontairement abstraction des oscillations que le thermomètre a effectuées autour de cette valeur.

Pour qu'une moyenne ait une réelle signification physique, il faut qu'elle coïncide avec la valeur la plus fréquente de l'élément considéré. Il faut de plus que la fréquence des autres valeurs manifeste une diminution progressive et régulière de part et d'autre de la valeur moyenne.

Ces conditions sont approximativement satisfaites pour les éléments comme la *pression*, la *température*, la *vitesse du vent*, etc., *lorsque l'intervalle* de temps considéré est un peu long, un mois par exemple.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne la direction du vent.

Pour cet élément, dans le cas général, on ne peut pas prendre la moyenne arithmétique, mais la difficulté n'est pas là, car on sait qu'en assimilant, avec *Lambert*, les fréquences des diverses directions à des forces concourantes proportionnelles que l'on compose comme en mécanique, on détermine une résultante dont la direction représente la moyenne cherchée.

Lorsqu'il s'agit d'une journée, *la direction moyenne du vent* a d'ordinaire une signification physique satisfaisante, bien supérieure même à celle de la *température moyenne*, car dans le cours d'une journée le vent oscille habituellement sans cesse autour de sa direction moyenne, tandis que la température ne passe ordinairement par sa moyenne que deux fois et très rapidement, le matin et le soir.

Mais s'il s'agit d'un mois ou même d'une semaine, les choses se présentent tout différemment. On constate qu'il y a presque toujours au moins deux directions ayant montré un maximum relatif de fréquence bien accusé. En coordonnées cartésiennes, la courbe de fréquence des directions a une forme du genre de celle de la figure 1, qui

représente les résultats de 50 années d'observations à Montsouris (Paris). Il y a presque toujours deux maxima de fréquence et même parfois trois.

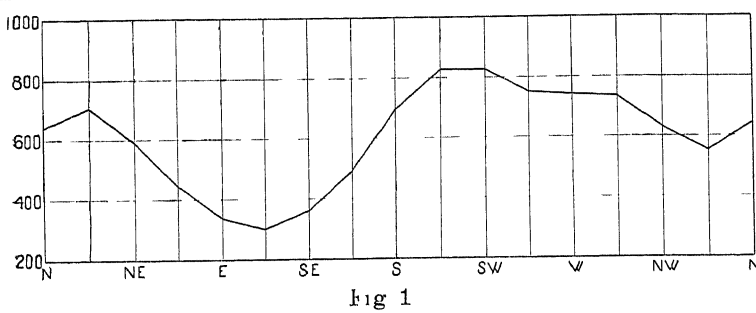


Fig. 1

Dans ces conditions la direction moyenne ou résultante de *Lambert* n'a aucun sens. Elle correspond à une sorte de position d'équilibre entre les deux ou trois directions de maximum et peut très bien tomber précisément sur la direction la plus rare de toutes. Il ne faut donc pas songer à représenter par une moyenne l'ensemble des observations de la direction du vent d'un mois comme on le fait pour la plupart des autres éléments météorologiques usuels.

Il y a là un obstacle très gênant pour la climatologie. Je m'y suis heurté récemment lorsque j'ai voulu résumer, en ce qui concerne la direction du vent, nos cinquante premières années d'observations de Montsouris, dans un mémoire qui fit en quelque sorte pendant à celui que j'avais consacré l'année dernière à la pluie.

I

Je crois avoir surmonté la difficulté en utilisant une vieille notion, qui était naguère encore bien oubliée mais que de brillants travaux ont récemment remise à la mode. Je veux parler de la notion de *courants*.

Un courant, c'est un mouvement qui tend à s'effectuer dans une direction, non point quelconque, mais bien déterminée. On reconnaît qu'il y a courant lorsqu'une direction se montre nettement plus fréquente et, par suite, plus persistante que les autres.

Si nous nous reportons à la figure de tout à l'heure, nous pourrons l'interpréter en disant : Les vents à Montsouris forment trois courants, ayant respectivement les directions générales suivantes : SSW, NNE et WNW.

En considérant, non plus l'année entière, mais les différents mois, nous allons mieux comprendre ce que cela signifie.

Dans la fig. 2, on a porté en abscisses les époques de l'année et en ordonnées les directions du vent. Les courbes sont des lignes d'égale fréquence. Elles permettent par une interpolation facile de reconnaître quelle est, à une époque quelconque de l'année, la fréquence d'une direction de vent donnée. On retrouve ici les trois maxima de fréquence ; ils atteignent des valeurs à peu près égales, mais pas à la même époque.

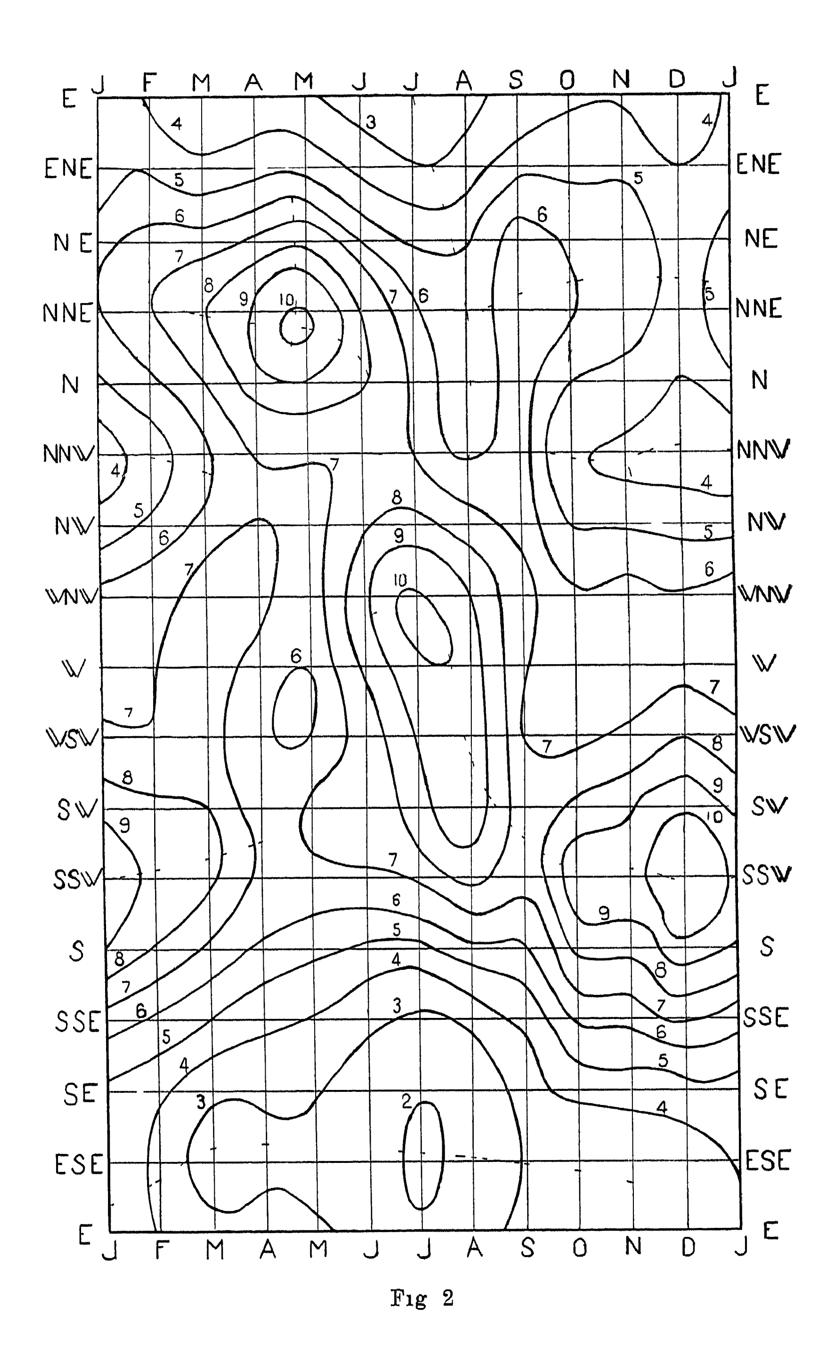

J F M A M J J A S O N D J
E
ENE
NE
NNE
N
NNW
NW
WNW
W
WSW
SW
SSW
S
SSE
SE
ESE
E

Fig 2

Le plus élevé de ces reliefs correspond à la direction SSW. Son sommet est en décembre. Un autre dans les mois de juillet et d'août forme comme une chaîne du Sud-Ouest au Nord-Ouest. Son point le plus haut correspond à une direction comprise entre W et WNW. En troisième lieu on remarque qu'à la direction NNE correspond presque toute l'année une surélévation qui a sa cime principale en *mai* avec un mouvement secondaire en septembre.

Quelle signification doit-on attribuer à ces faits? Une comparaison va nous le faire connaître.

Supposons que sur le plan d'une ville fréquemment et abondamment bombardée *par avions* on ait marqué les points de chute des bombes, qu'après avoir divisé le plan en carrés égaux on ait compté le nombre des bombes tombées dans chacun d'eux et enfin qu'on ait représenté les résultats par des lignes dont chacune corresponde à des nombres égaux de bombes.

Si parmi ces lignes il en est qui sont fermées et concentriques autour de certains points où les bombes ont été beaucoup plus fréquentes qu'ailleurs, on ne manquera pas de reconnaître que chacun de ces points correspond à un établissement dont la destruction était particulièrement désirée par l'ennemi. On peut dire que, dans une telle carte, tout maximum bien accusé de la cote révèle un but de l'ennemi.

Le même raisonnement s'applique à la carte relative aux fréquences des différents vents dans le cours de l'année.

Les grandes dénivellations qu'elle présente sont la preuve que la direction du vent n'est pas livrée au hasard. Les choses se passent comme si la nature cherchait à réaliser certaines directions mais n'y parvenait que d'une façon plus ou moins imparfaite.

Dans deux de ces trois directions privilégiées ou courants, on retrouve de vieilles connaissances: le *courant polaire* et le *courant équatorial* de Dove.

Bien qu'ils n'eussent pas cessé d'exister et de présider aux changements de temps de la zone tempérée, ils avaient disparu depuis plus d'un demi-siècle de la littérature météorologique, où un mémoire de *Bjerknes* et *Solberg* les a récemment réintroduits.

Le troisième courant que l'on constate à Montsouris, celui d'Ouest-Nord-Ouest, a un caractère moins général. En été, où il est le plus fréquent, c'est une sorte de *mousson* due à ce que le continent est plus chaud que l'océan.

Étant donné que les vents se groupent en courants, il reste à savoir suivant quelle règle on devra en opérer le classement.

Celui-ci comporte nécessairement un peu d'arbitraire. Je ne puis entrer ici à ce sujet dans le détail, qu'il me suffise de dire qu'à la suite de divers essais je me suis arrêté au mode de groupement suivant. Au *courant équatorial* ont été attribuées toutes les directions S, SSW et SW ainsi que la moitié des directions SSE et WSW.

Au *courant polaire* toutes les directions N, NNE et NE ainsi que la moitié des directions NNW et ENE.

Sous le nom de *courant océanique* toutes les directions W WNW et NW et la moitie des directions WSW et NNW

Restent les directions E, ESE et SE ainsi que la moitie des directions ENE et SSE Pour que le tour d'horizon soit divise en 4 secteurs egaux, ce qui m'a paru avantageux a certains egards, j'ai laisse ces directions a part en les groupant sous le nom de *vents continentaux* ou meme pour la symetrie des notations sous celui de courant continental, bien qu il n y ait pas la a proprement parler, de courant

Je tiens a faire remarquer que ce mode de classement des vents ne doit pas être applique sans discernement a une autre station, même voisine de Montsouris On y retrouvera les trois courants mais ils pourront etre un peu devies par des causes locales et ne pas corres pondre tout a fait aux memes directions Dans chaque station, on doit regler le groupement des vents ou courants d'apres la forme de la courbe de frequence

C'est aux resultats qu on peut le mieux juger la valeur de cette sorte de synthese

La fig 3 montre les variations annuelles des quatre groupes de vents

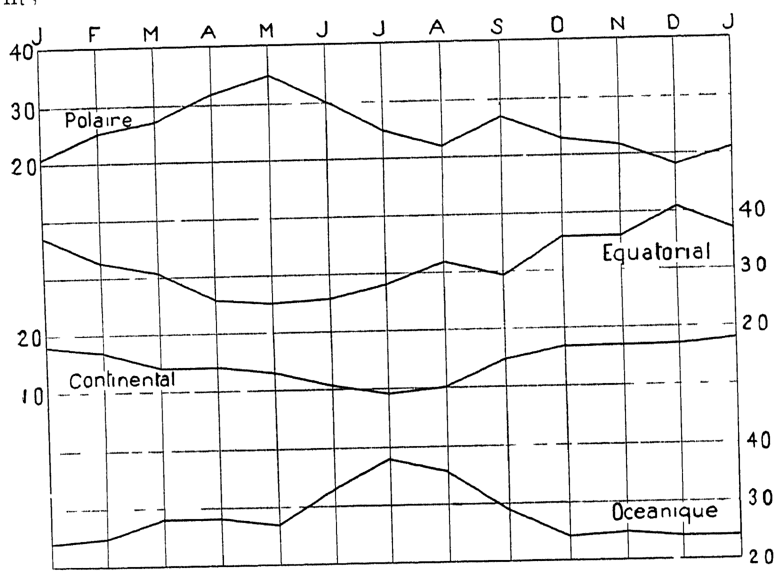


Fig 3

On voit que celles du courant polaire et du courant equatorial sont a peu pres symetriques On pourrait comparer ces courants a deux duellistes d'egale force qui gagnent et perdent tour a tour du terrain

Le courant océanique et les vents continentaux varient eux aussi en sens inverse mais avec une symetrie moins parfaite

En outre, si, pour chaque mois, on calcule l'ecart de la frequence de chacun des quatre courants a sa normale deduite des cinquante annees d'observations, les ecarts relatifs au courant polaire et au courant equatorial sont 78 fois sur 100 de signes contraires Pour le mois de juillet la proportion atteint meme 84 pour 100 En ce qui concerne l'autre paire de courants, la proportion des ecarts de signes contraires est en moyenne de 62 et ne depasse en aucun mois 74 pour 100

Puisque les vents se groupent naturellement en deux paires de courants antagonistes, il m'a semble qu'on en pouvait tirer un mode de representation du regime des vents (ou plutôt de ses anomalies) au cours d'un mois, mode simple et neanmoins suffisant pour beaucoup de recherches

Je represente les particularites du regime du vent de chaque mois par deux lettres ou par une lettre et un point

La lettre de gauche est un P ou un E suivant que c'est le courant polaire ou le courant equatorial qui a regné le plus souvent

La lettre de droite est un O ou un C selon que le courant océanique a été plus frequent que le courant continental ou vice versa

Une lettre majuscule en caracteres penchés signifie que l'excès de frequence du courant correspondant relativement a la normale a surpassé 50% Les exces de 50 a 25% sont signales par une majuscule ordinaire et les exces inferieurs ou egaux a 25% par une minuscule

La presence d'un point indique qu'il y a eu deficit de frequence pour l'un et l'autre courant

Voici par exemple comment on peut rendre compte de la direction du vent a Montsouris mois par mois durant les cinq dernieres annees

	1920	1921	1922	1923	1924
Janvier	*F*	EO	*O*	e *O*	*C*
Fevrier	*C*	*PC*	e o	*E*	*P*O
Mars	E*C*	E c	P	PC	P*C*
Avril	*E* o	*P*	E o	E*C*	e o
Mai	EC	e	E o	*E* o	*E* o
Juin	p	*P* o	LO	p *O*	p o
Juillet	*EC*	P o	*E* o	e c	E o
Aout	P o	O	E o	o	*E* o
Septembre	e C	p *O*	e *O*	EO	*E*
Octobre	P*C*	*O*	*P*	*E* o	E
Novembre	p *C*	P*C*	*PO*	e	p c
Decembre	*P*	*O*	*E*	*O*	*EC*

Ce mode de representation permet de former pour la direction du vent des tableaux n'occupant pas plus de place que des tableaux de temperatures moyennes mensuelles et rend aises les rapprochements entre le vent et les autres elements climatiques

Pour terminer qu'il me soit permis de présenter un résultat intéressant, obtenu en partant de la notion de courants

Par suite de certaines considérations dont on trouvera ailleurs l'exposé [1]) j'ai été conduit à calculer, 1° pour les mois de juin à octobre, 2° pour les mois de novembre à mai, le rapport de la hauteur de pluie au nombre d'observations du courant équatorial

La fig 4 fait voir comment a varié au cours d'un demi siècle ce rapport que j'appelle *capacité pluviale du courant équatorial*

Ce qui frappe dès l'abord dans ce graphique c'est le parallélisme presque parfait des deux variations saisonnières, parallélisme qu'on n'avait rencontré jusqu'à ce jour pour aucun élément météorologique Si par exemple on traçait les courbes des variations de la température ou de la hauteur de pluie d'année en année pour chacun des deux semestres, ces courbes ne se ressembleraient en rien, et c'est fort regrettable car si elles manifestaient un parallélisme aussi bon que celui de la fig 4 on aurait la possibilité de prévoir la température ou la hauteur de pluie de la saison à venir

Une telle prévision apparaît donc comme possible pour la capacité pluviale du courant équatorial

De plus la fig 4 montre que ce facteur climatique présente très nettement une périodicité de 10 ans superposée à une variation de longue durée, caractérisée par le fait que le rapport considéré a oscillé depuis le début du siècle autour d'une valeur moyenne beaucoup plus forte qu'auparavant

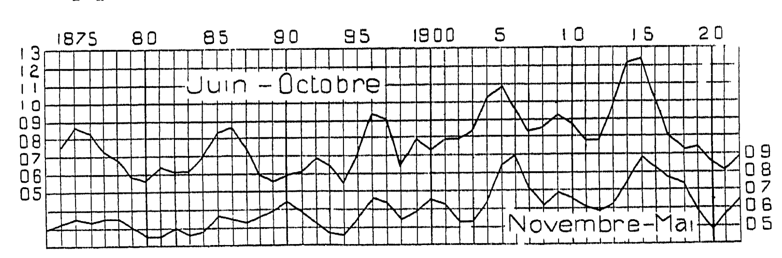


Fig 4

Je n'insiste pas pour le moment sur ce résultat, qui fait l'objet de recherches en cours et que je compte développer ultérieurement Si j'en ai fait mention ici, c'est pour donner une preuve de la fécondité de la notion de courants, que les climatologistes auraient intérêt à utiliser plus qu'ils ne le font actuellement

---

1) Voir Comptes-rendus de l'Académie des Sciences T 180 p 1356

Die Feuchtigkeitswindrose von Helgoland

Von Prof Dr *C Kaßner* Berlin

In meiner Arbeit „Das Klima der Sommermonate in Norddeutschland", die ich im Auftrage der Zentralstelle fur Balneologie anfertigte und die in deren Veroffentlichungen (Band III Heft 7—10) 1919 erschienen ist brachte ich auch Windrosen der absoluten Feuchtigkeit (S 231—234) Wahrend bei allen Stationen sich ergab, daß die hochste absolute Feuchtigkeit in Norddeutschland aus Sudost bis Sud kommt, und die geringste aus West bis Nordost, zeigte Helgoland in den sechs Monaten Mai bis Oktober eine ganz auffallige Drehung von Ost im Mai uber Sud bis West im Oktober fur den Hochstwert und von Nordwest uber Nord bis Nordost fur den kleinsten Wert Es schien mir lohnend, in gleicher Weise auch die ubrigen Monate zu untersuchen Das Ergebnis lege ich Ihnen heute vor

Es ist schon von verschiedenen Seiten seit Jahrzehnten betont worden daß neben der relativen Feuchtigkeit die ja im Grunde nur ein Verhaltnis darstellt und zwar ein Verhaltnis zweier absoluter Feuchtigkeiten, doch die absolute Feuchtigkeit selbst medizinisch wichtig sei, die uberdies den Vorzug hat, daß sie ein wirkliches Maß ist, noch dazu, wenn man sie nicht mit dem fast gleich großen Dampfdrucke verwechselt Im vorliegenden Falle der Ableitung einer Windrose ist das besonders zu beachten weil uns der Wind unmittelbar nicht einen Dampfdruck, sondern eine Luft mit einer gewissen Wassermenge in Dampfform zufuhrt, die wir durch die absolute Feuchtigkeit ausdrucken

Auf ihre Bedeutung fur die Medizin brauche ich hier nicht einzugehen, es genugt, auf die Bucher „Deutsche Klimatik" von *Dove* und *Frankenhauser* und „Geopsychische Erscheinungen" von *Hellpach* hinzuweisen Die besondere medizinische Literatur daruber ist ja schon ziemlich weitschichtig

Abgeleitet wurden die hier mitgeteilten Werte aus den dreimal taglichen Beobachtungen der Jahre 1901—1910, indem zu jeder beobachteten Windrichtung der gleichzeitig bestimmte Wert der absoluten Feuchtigkeit geschrieben wurde Da die hieraus berechneten

Mittelzahlen fur die 16 Windrichtungen weniger ubersichtlich waren habe ich sie auf 8 Richtungen in der meteorologisch ublichen Weise umgerechnet, indem z B der Nordzahl je die Halfte der benachbarten NNW und NNO Zahl zugeschlagen wurde, ebenso der NO Zahl je die Halfte der NNO und ONO Zahl usw So entstand die folgende Tabelle

Tab 1 **Windrose der absoluten Feuchtigkeit auf Helgoland (1901—10)**

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	Stillen	Mittel
Januar	4 6	3 8	3 4*	3 4*	4 3	5 4	**5 8**	5 4	4 6	4 0	4 5
Februar	4 4	3 8	3 6*	4 1	4 6	5 2	**5 4**	5 0	4 4	4 5	4 5
Marz	4 7	4 4*	4 5	5 0	5 4	5 8	5 6	5 2	4 7	5 1	5 1
April	5 4*	5 6	5 9	6 4	**6 6**	6 4	6 1	5 5	5 4*	6 4	6 0
Mai	6 9	7 8	8 4	8 8	8 6	7 8	7 5	6 6*	6 9	8 6	7 8
Juni	9 3	10 3	10 4	**10 8**	10 2	9 9	9 2	9 0*	9 3	10 6	9 9
Juli	10 7	11 8	12 2	**12 5**	11 8	11 2	10 8	10 1*	10 7	11 8	11 4
August	10 6	11 2	11 6	**12 3**	12 0	11 6	11 2	10 2*	10 6	11 6	11 3
Sept	9 0*	9 7	9 6	10 2	**10 9**	**10 9**	10 2	9 2	9 0*	10 5	10 0
Okt	7 8	7 3*	7 4	8 0	**9 2**	**9 2**	9 1	8 2	7 8	9 5	8 3
Nov	6 1	4 9*	5 2	6 0	6 2	6 6	**7 3**	6 9	6 1	7 0	6 2
Dez	5 1	4 2	4 0*	4 3	5 2	5 8	**6 4**	6 3	5 1	5 1	5 2

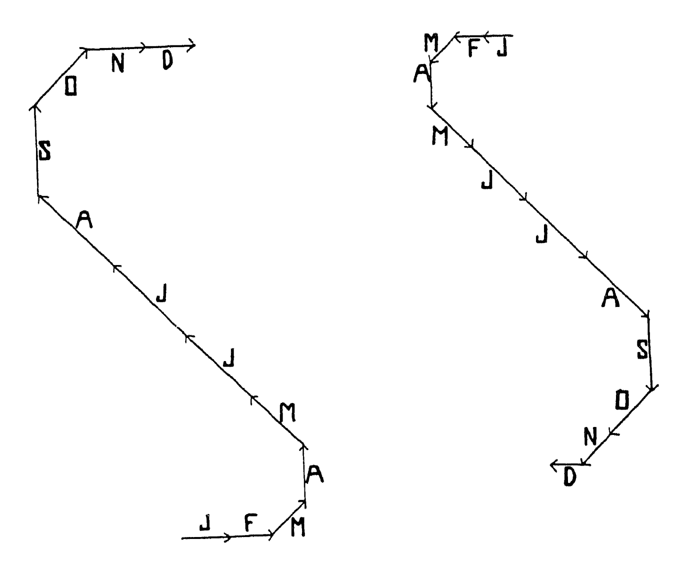
Tab 1 a Abweichungen vom Mittel

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	Stillen
Januar	+0 1	—0 7	—1 1	—1 1*	—0 2	+0 9	**+1 3**	+0 9	+0 1	—0 5
Februar	—0 1	—0 7	—0 9*	—0 4	+0 1	+0 7	**+0 9**	+0 5	—0 1	0 0
Marz	—0 4	—0 7	—0 6	—0 1	+0 3	**+0 7**	+0 5	+0 1	—0 4	0 0
April	—0 6	—0 4	—0 1	+0 4	**+0 6**	+0 4	+0 1	—0 5	—0 6	+0 4
Mai	—0 9	±0 0	+0 6	**+1 0**	+0 8	±0 0	—0 3	—1 2*	—0 9	+0 8
Juni	—0 6	+0 4	+0 5	**+0 9**	+0 3	±0 0	—0 7	—0 9*	—0 6	+0 7
Juli	—0 7	+0 4	+0 8	**+1 1**	+0 4	—0 2	—0 6	—1 3	—0 7	+0 4
Aug	—0 7	—0 1	+0 3	**+1 0**	+0 7	+0 3	—0 1	—1 1*	—0 7	+0 3
Sept	—1 0	—0 3	—0 4	+0 2	**+0 9**	+0 9	+0 2	—0 8	—1 0	+0 5
Okt	—0 5	—1 0	—0 9	—0 3	**+0 9**	**+0 9**	+0 8	—0 1	—0 5	+1 2
Nov	—0 1	—1 3	—1 0	—0 2	±0 0	+0 4	**+1 1**	+0 7	—0 1	+0 8
Dez	—0 1	—1 0	—1 2*	—0 9	±0 0	+0 6	**+1 2**	+1 1	—0 1	—0 1

Durch den Druck sind die Hochst und Tiefstwerte oder die feuchtesten und trockensten Winde hervorgehoben So genugt schon ein Blick, um den von mir bereits vor mehr als sechs Jahren in den Sommermonaten beobachteten regelmaßigen Gang dieser Grenzwerte auch in den Wintermonaten bestatigt zu sehen Der Hochstwert wandert von dem Westwind im Januar uber Sud nach Sudost, wo er im Mai bis August bleibt um dann wieder uber Sud nach West im Dezember zuruck zu drehen, ganz entsprechend, nur um rund 180° davon entfernt, also in der Windrose gegenuber, wandert

der Tiefstwert von Ost über Nord nach Nordwest und zurück über Nord nach Ost. *An keinem Orte Deutschlands findet man einen so regelmäßigen Gang.*

Hier kann man allerdings mit Recht den Einwand erheben, daß die wahre klimatische Natur des Windes insofern nicht streng beobachtet ist, als z. B. ein Westwind auf Helgoland, da die Windbahnen nie geradlinig, sondern infolge des verschiedenen Luftdruckgefälles stets nach rechts oder links gekrümmt sind, entweder aus NW oder SW kommen wird, ebenso ein Ostwind aus NO oder SO. Eine solche Unterscheidung ist sehr mühsam, ich möchte sie für eine Doktorarbeit empfehlen, wobei man dann auch auf die Windgeschwindigkeit oder den Windweg Rücksicht nehmen muß. An sich will man ja aber für Helgoland selbst zunächst nur wissen, wieviel Feuchtigkeit bringt jeder Wind. Außerdem ist zu beachten, daß dort jeder NW bis SW Wind stets ein Seewind und jeder NO bis SO Wind ein Landwind ist, jene feinere Unterscheidung also kaum allzuviel Neues aufdecken wird.



Feuchtester Wind — Trockenster Wind

Drehung des feuchtesten und trockensten Windes auf Helgoland

Um nun die erwähnte Drehung der Winde noch deutlicher zu zeigen, habe ich sie zeichnerisch so dargestellt, daß ich zunächst den Höchstwert, also den Wert des feuchtesten Windes des Januars als Strecke nach einer beliebigen Einheit und von einem beliebigen Punkte aus abtrug und zwar von links nach rechts, da er zu einem

Westwinde gehort (entsprechend den Landkarten, in denen W links, O rechts N oben, S unten ist) An den rechten Endpunkt setzte ich nach gleichem Maßstab und in gleicher Richtung den ebenfalls zu einem W Winde gehorenden Februarwert, daran unter 45⁰ den aus SW herausgebrachten Marzwert usw In gleicher Weise wurde das Drehen des Tiefstwertes (des trockensten Windes) gezeichnet In diesen Zeichnungen tritt das entgegengesetzte und dabei fast parallele Drehen beider Grenzwerte schon hervor

Der nachstliegende Gedanke daß dieses auffallige Verhalten von der Haufigkeit der Winde veranlaßt wird, trifft nicht zu, wie die folgende Zusammenstellung der Haufigkeit aller Windrichtungen lehrt

Tab 2 **Haufigkeit der Windrichtungen auf Helgoland (1901—1910)**

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Stillen	Sturm tage
Januar	18	14*	22	37	24	69	**83**	40	04	22
Februar	20*	22	31	21	30	**64**	52	36	07	17
Marz	27*	29	34	41	35	**63**	37	29	14	16
April	35	27	44	14*	17	41	**51**	46	12	03
Mai	40	32	44	28	18*	33	**50**	47	23	03
Juni	50	27	38	16	12*	31	44	**58**	24	03
Juli	48	19	17	13	10*	40	69	**74**	27	01
Aug	31	11*	12	12	18	47	**83**	76	16	09
Sept	31	27	**46**	41	19*	32	38	**45**	21	08
Okt	21	18*	33	44	45	**67**	40	37	12	27
Nov	26	25*	29	34	31	**59**	47	43	07	29
Dez	18	17*	37	38	43	**75**	40	34	04	28

Abgesehen vom September, in dem in dem betrachteten Zeitraum ostliche Winde ebenso haufig wie westliche waren, herrschen vielmehr in den anderen Monaten die SW bis NW-Winde vor, die fur unsere Frage wenig von Bedeutung sind

Um die eigenartigen Feuchtigkeitsverhaltnisse Helgolands die sich hierin kundtun, zu verstehen, muß man einerseits die Lage der Insel zur weiteren Umgebung berucksichtigen, anderseits aber auch die jeweiligen gegensatzlichen Warmeverhaltnisse des Festlandes von Europa und des Meeres betrachten, wofur Tabelle 3 entworfen ist

In den eigentlichen Spatherbst- und Wintermonaten November, Dezember, Januar und Februar fuhren die Westwinde die großte Wasserdampfmenge und die Ost bis Nordostwinde die kleinste herbei, weil dann im Westen das Meer verhaltnismaßig viel warmer als im Osten das Land ist Dazu wehen westliche Winde (NW W, SW) $1^{1}/$ —$2^{1}/$ mal haufiger als ostliche (NO, O SO) und bringen

der Insel eine großere Warme und Wasserdampfmenge als in den anderen Gegenden Deutschlands, zumal auch die Sturme — alle aus West — in dieser Zeit besonders oft brausen So erklart es sich, daß *im November und Dezember Helgoland der warmste Punkt Deutschlands* ist, aber auch im Januar und Februar erreichen nur einzelne kleine Bezirke im Rheingebiet solche Mitteltemperaturen wie Helgoland Diese Insel ist also im Winter der mildeste Ort Deutschlands Dementsprechend hat Helgoland *im November und Dezember die hochsten Monatsmittel der absoluten Feuchtigkeit in Deutschland* und im Januar und Februar kommen ebenfalls nur vereinzelte Bezirke im Rheingebiet und Borkum ihr hierin gleich

Tab 3 **Luft und Wassertemperaturen** (C°)

	Lufttemperatur							Meerestemperatur	
	Helgoland	Edinburg	London	Köln	Berlin	Kopen hagen	Oslo	Helgoland	Irland (NW)
Jan	1 5	3 2*	3 4*	1 9*	—0 7	—0 6	—4 4	3 7	8 5
Febr	1 4*	3 7	4 3	3 0	0 5	—0 4	—1 5	2 7*	7 9*
Marz	2 5	4 7	5 6	5 4	3 2	1 0	—1 4	3 0	7 9*
April	5 6	7 1	8 9	9 4	7 6	5 6	4 4	5 1	8 6
Mai	9 8	9 8	12 1	13 7	13 2	10 5	10 5	8 4	10 0
Juni	13 3	13 1	15 7	16 9	16 7	15 0	15 5	12 6	11 8
Juli	15 4	**14 6**	**17 3**	**18 2**	**18 0**	**16 6**	**17 0**	15 5	13 4
Aug	**15 6**	14 2	16 7	17 6	17 0	15 9	15 9	**17 2**	**14 5**
Sept	14 2	12 2	14 2	14 7	13 8	12 8	11 5	16 2	13 6
Okt	10 3	8 4	9 9	10 3	8 8	8 1	5 5	13 0	12 6
Nov	6 2	5 2	6 1	6 0	3 8	3 5	0 1	9 3	11 0
Dez	3 1	3 7	4 0	2 9	0 7	0 5	—3 6	6 4	9 8

Im Marz, wo die Warme des Meeres immer noch uberwiegt, ebenso aber auch die Haufigkeit der SW Winde, kommt die größte Wasserdampfmenge entsprechend aus SW, die geringste aber aus NO und nicht mehr aus O und SO, weil nun SO Winde schon aus dem sich langsam erwarmenden Sudosteuropa wehen Im April aber gleichen sich Wasser und Landtemperatur schon fast ganz und deshalb machen sich die warmeren sudlichen (SO S, SW) Winde jetzt geltend und ubernehmen die Hochstmenge, wahrend die N Winde aus dem allein noch kalten Nordeuropa die geringste Wasserdampfmenge herbeifuhren

In den Monaten Mai bis August ist das Weltmeer auch noch kalter als das Land, und deshalb sind die warmen sudostlichen Landwinde (O, SO, S) nun die fuhrenden, wogegen die kuhlen nordwestlichen Meerwinde nur wenig Feuchtigkeit mit sich fuhren In den folgenden Herbstmonaten macht sich dann die sommerliche

Aufspeicherung der Warme im Meere geltend, wahrend das Land durch Ausstrahlung erkaltet Demzufolge ubernehmen nun wieder die S und SW Winde und schließlich im November die W Winde die Rolle des feuchtesten Windes, und gleichzeitig wird der NO und spater der O Wind der trockenste

So sehen wir in Helgoland eine einzigarte Drehung der Feuchtigkeitswindrose Kein anderer Ort in Mitteleuropa zeigt so regelmaßige, d h ungestorte Verhaltnisse, weil keiner eine so gleichmaßige Umgebung besitzt — eine fur die Beurteilung des Klimas von Helgoland in gesundheitlicher Hinsicht beachtenswerte Tatsache

Der Trubungsgrad der Atmosphare als klimatischer Faktor

Von Prof. Dr. *Franz Linke*, Frankfurt a. M.

Um die Wirkung der Sonnenstrahlung auf Mensch, Tier und Pflanzen zu erkennen und therapeutisch zu verwerten, muß man nicht nur die Intensitat der Sonnenstrahlung, sondern auch spektrale Zusammensetzung kennen. Beide zeigen zeitliche und ihre regionale große Veranderlichkeit, so daß dem Arzte, der die naturliche Sonnenstrahlung dosieren will, noch unuberwindliche Schwierigkeiten im Wege stehen. Intensitat und Zusammensetzung der Sonnenstrahlung hangen ab von geographischer Breite, Meereshohe, Jahreszeit, Tageszeit, Wasserdampfgehalt und Dunstgehalt der Luft. Wasserdampf- und Dunstgehalt der Luft mußten bis zu großen Hohen hinauf bekannt sein, wenn man ihre Wirkung auf Intensitat und Verteilung der Sonnenstrahlung rechnerisch ermitteln wollte.

Seit Jahren bin ich bemuht, einen Begriff einzufuhren, der physikalisch gut definiert und leicht zu ermitteln ist und der die Wirkungen der genannten meteorologischen Variablen in sich vereinigt. Es ist der *Trubungsgrad der wolkenlosen Luft*. Wenn man diesen fur jede Gegend nach Jahreszeit und Tageszeit durch Messungen bestimmt hat, wird die Dosierung der naturlichen Sonnenstrahlung wesentlich vereinfacht sein.

Es laßt sich berechnen, wie groß die Intensitat der Sonnenstrahlung bei irgendeinem beliebigen Sonnenstande sein mußte, wenn die Extinktion, also die Schwachung der Sonnenstrahlung, allein durch diffuse Reflexion an den Gasmolekulen gemaß den theoretischen Entwicklungen von Lord *Rayleigh* geschahe, und zwar als Integralwert uber das ganze Sonnenspektrum. Diese so definierte Schwachung des Sonnenlichtes entspricht der Formel

$$J_m = J_o \, e^{-a_m m}$$

wo J_o die Solarkonstante, J_m die Gesamtintensitat der Sonnenstrahlung nach Durchgang durch eine m-fache Atmospharendicke ist.

Die durch die Große a_m bestimmte Extinktion einer idealen Atmosphare definiere ich als *Einheit des Trubungsgrades* wolkenfreier Luft der Atmosphare und konnte in einer Abhandlung vom

Jahre 1922 zeigen, daß die Extinktion an irgendeinem Orte und bei irgendeinem beliebigen Sonnenstande, durch eine nicht ideale, also mit Wasser und kleinen trubenden Teilchen kolloidaler Form erfullte Atmosphare definiert ist durch ein Vielfaches des in der Formel 1 auftretenden Extinktions-Koeffizienten a_m und daß dieses Vielfache — ich bezeichnete den Faktor mit T — in hohem Maße unabhangig ist vom Sonnenstande sofern man nur die Luftmasse auf den Luftdruck von 760 mm reduziert

Die neue Extinktionsformel lautet also

$$J_m = J_o \quad e^{-a_m T_m}$$

Man hatte bisher die Schwachung der Sonnenstrahlung vielfach dadurch zu bestimmen gesucht, daß man den sogenannten Transmissionskoeffizienten der Atmosphare $q = e^{-a}$ berechnete, also die mte Wurzel aus dem Verhaltnis der beobachteten Strahlungsenergie zu der extraterrestrischen und hatte auf diese Weise schon festgestellt, daß nachmittags die Schwachung der Sonnenstrahlung gewohnlich starker ist als bei gleichem Sonnenstande vormittags konnte aber deshalb nicht einen Vergleich der Schwachung bei verschiedenem Sonnenstande und verschiedenen Meereshohen vornehmen weil — wie langst allgemein bekannt ist — der Transmissionskoeffizient bei hochstehender Sonne großer ist als bei niedrig stehender Diese Tatsache erklart sich damit, daß die hoherstehende Sonne mehr kurzwellige Strahlung enthalt, die eine starkere Schwachung erfahrt als die langwellige, wie ja allein schon aus der Farbung der Sonne zu entnehmen ist die mittags weiß und abends rot ist Die im Winter gemessenen Transmissionskoeffizienten sind daher nicht mit denen im Sommer gemessenen zu vergleichen und die in tropischen Landern nicht mit denen in Polarregionen Die Einfuhrung des Trubungsfaktors der weiter nichts sagt als *wie viele ideale Atmospharen zusammengenommen die gleiche Extinktion ergeben wurden wie die jeweilig vorhandene trube und feuchte* macht also eine vergleichbare Beobachtung des auf der Extinktion einer idealen Atmosphare aufgebauten Trubungsgrades moglich ob die Messungen nun im Hochgebirge oder in der Ebene, am Abend oder am Mittag, am Aequator oder am Pol erfolgen Durch diese Definitionen des Trubungsfaktors als Vielfaches des Extinktionskoeffizienten einer idealen Atmosphare ist also ein wesentlicher Fortschritt erzielt worden, ohne daß dabei irgend etwas vorausgesetzt wird uber die Art, wie die Schwachung der Strahlung in der Atmosphare vor sich geht Es sind ja 3 verschiedene Prozesse welche die Lichtschwachung in der Atmosphare hervorrufen zunachst die schon genannte diffuse Zerstreuung des Lichtes an den Molekulen oder — wie wir neu hinzufugen konnen — an den kleinen Trubungspartikelchen soweit sie molekulare Großenordnung haben Diese diffuse Reflexion erfolgt umgekehrt

proportional der 4 Potenz der Wellenlange und bewirkt die Blau farbung des Himmels, 2 wird die Sonnenstrahlung geschwacht durch Absorption des in der Atmosphare vorhandenen Wasserdampfes, aber nur in bestimmten Teilen des Spektrums hauptsachlich im roten und ultraroten Spektralbereiche Als dritte wichtige Schwachung der Strahlen kommt die teilweise Reflexion der Sonnenstrahlung an großern Teilchen hinzu, die gleich oder großer sind als die Wellen lange des Lichtes, also einen Durchmesser von mehr als 1/3000 mm haben Die Schwachung ist umgekehrt dem Quadrat der Wellenlange Alle diese drei Arten von Strahlungsschwachung sind in dieser Definition des Trubungsgrades gemeinsam enthalten und es bedurfte erst weiterer Forschungen, diese drei Wirkungen voneinander zu trennen

Tabelle 1

Monatsmittel des Trubungsfaktors

Ort	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
Davos	1 49	1 75	1 84	1 79	2 05	2 14	2 30	1 92	1 84	1 74	1 68	1 61	1 85
Arosa	1 34	1 35	1 50	1 61	1 81	1 84	1 83	1 73	1 59	1 51	1 34	1 33	1 57
Riezlern (Allgäu)	1 55	1 84	2 08	2 19	2 32	2 44	2 56	2 33	2 02	1 99	1 90	1 81	2 09
Agra	1 60	1 43	2 19	2 22	2 47	2 56	3 08	2 60	2 23	1 84	1 78	1 65	2 14
Taunus Obs	1 38	1 68	2 45	2 34	2 58	2 92	2 68	2 56	1 97	1 66	1 42	1 33	2 10
Frankfurt a M	3 55	3 67	3 55	3 28	3 40	3 75	3 93	3 80	3 50	3 10	2 96	3 22	3 48
Potsdam	1 83	1 96	2 22	2 22	2 35	2 48	2 61	2 88	2 48	2 35	1 96	2 08	2 05
Kolberg	2 26	2 24	2 02	1 96	2 00	2 44	3 02	2 79	2 20	2 26	2 23	2 26	2 31
Pawlowsk	1 54	1 66	1 60	1 99	2 12	2 26	2 32	2 31	2 24	1 93	1 72	1 47	1 93
Upsala	1 53	1 79	1 75	1 81	1 99	2 01	1 93	1 83	1 83	1 64	1 53	1 50	1 76

Lassen Sie mich zunachst Ihnen vorfuhren, welche Ergebnisse die Untersuchungen uber die zeitliche und regionale Verteilung des Trubungszustandes bisher vorliegen Die Tabelle 1 gibt die monatlichen Mittelwerte des soeben definierten Trubungsfaktors fur 10 europaische Stationen Wir erkennen

1 Daß die nordlichen Stationen Pawlowsk und Upsala weit geringere Trubungsgrade haben als die zentraleuropaischen Stationen der Ebenen

2 Daß die Hochgebirgsstationen Davos und Arosa besonders im Sommer geringere Trubung aufweisen als die mittelhohen Stationen Taunus-Observatorium und Allgau

3 Daß die mittelhohen Stationen erheblich gunstiger gestellt sind als die Großstadt Frankfurt a M und auch gunstiger als Potsdam und Kolberg

Als Mittelwert der Trübung auf dem europäischen Kontinent kann man 2,25 annehmen, was bei Zenithstand der Sonne dem Transmissionskoeffizienten 0,75 entspricht. Man vergleicht die Strahlungsverhältnisse zweier Stationen und Monate durch die *Differenzen* des Trübungsfaktors. So findet man im Sommer Trübungsfaktoren, die 0,5 und 1,5 größer sind als im Winter. Am kleinsten ist der Unterschied in der Großstadt Frankfurt, am größten auf dem Gipfel des 800 m hohen Taunusgebirges.

Wie schon gesagt, wird der Trübungsfaktor stets auf eine Luftmasse bezogen, die gleichviel Gasmoleküle besitzt wie eine vertikale Luftsäule von 760 mm Quecksilberdruck. Da nun die Hochgebirgsstationen einen geringeren mittleren Barometerstand aufweisen, darf man die Wirkung der Trübung auf die Intensität der Sonnenstrahlung nicht unmittelbar aus den genannten Trübungsfaktoren abschätzen, sondern muß das Produkt zwischen Trübungsfaktor und dem mittleren Barometerstand als Vergleichsmaß benutzen. Dadurch ergeben sich für Davos und Arosa um zirka 20 % günstigere Verhältnisse.

Auf einer Reise durch den Atlantischen Ozean nach Argentinien stellte ich fest, daß in Passatzonen der Trübungsfaktor im Winter 2,1 bis 2,2, im gemäßigten Klima 2,3 bis 2,6 herrschte, am Aequator selbst fand ich 2,9. Nur in der Nähe der Kap Verdischen Inseln, wo die Luft durch den Staub der Sahara getrübt ist, wurden Trübungsfaktoren zwischen 4 und 5 angetroffen. Außerordentlich reine Luft fand sich in ganz Argentinien, insbesondere in den Anden, wo mit dem Trübungsfaktor 1,2 bis 1,4 der ideale Zustand der Atmosphäre fast erreicht wurde. Bekanntlich ist die Luft in Argentinien sehr staubfrei und in der Höhe außerordentlich trocken.

Von großem Interesse ist die *tägliche Schwankung* des Trübungsfaktors. In den Vormittagsstunden steigt er stark an, wie Tabelle 2 für das Taunus-Observatorium zeigt, und erreicht in den

Tabelle 2

Täglicher Gang des Trübungsfaktors am Taunus-Observatorium

	4½	5½	6½	7½	8½	9½	10½	11½	12½	1½	2½	3½	4½	5½	6½	7½
Winter				1,40	1,41	1,48	1,54	1,56	1,58	1,55	1,51	1,46	1,42			
Frühling			2,31	2,30	2,34	2,37	2,41	2,44	2,44	2,43	2,42	2,40	2,39	2,38	2,37	
Sommer	2,40	2,44	2,46	2,48	2,52	2,55	2,60	2,64	2,69	2,75	2,82	2,88	2,89	2,86	2,78	2,68
Herbst			1,63	1,61	1,64	1,67	1,71	1,76	1,80	1,86	1,93	2,01	2,04	1,97		

ersten Nachmittagsstunden sein Maximum, das die 24stündigen Mittelwerte der Trübung um 20 bis 25 % übersteigt. Abends nimmt er schnell ab und erreicht in den frühen Morgenstunden sein Minimum, so daß man unbedenklich die Werte in der Nacht interpolieren kann, obgleich dafür keine Messungen vorliegen. Hervorgerufen werden diese täglichen Schwankungen durch die vertikale Durchmischung,

die an heiteren Sommertagen bis zu 2500 m hinaufreichen kann. Sie ist im Gebirge besonders stark, weshalb wir auch auf dem Gipfel des Taunus besonders starke tägliche Schwankungen der Trübung finden. Dieses war auch in Agra der Fall.

Im Winter liegen die deutschen Mittelgebirgsgipfel über der Dunstschicht und zeigen infolgedessen nur geringe Schwankungen und außerordentlich niedrige Trübungsgrade. Man muß sich die Wirkung der vertikalen Durchmischung so vorstellen, daß die aufsteigenden Luftmassen, die sich ja dynamisch abkühlen müssen, ihrem Sättigungspunkte näher kommen und die stets in der Luft vorhandenen Dunstkerne durch Anlagerung von Wasserdampfmolekülen anwachsen. Theoretische Ueberlegungen machen es wahrscheinlich, daß die Lichtschwächung mit der 6. Potenz des Durchmessers der trübenden Teilchen parallel geht.

Gute Beziehungen ergaben sich zwischen der Blaufärbung des Himmels und dem Trübungsgrad. Auf meiner Argentinienreise hatte ich eine vom *Oswald*schen Laboratorium hergestellte Blauskala mitgenommen, die zwischen weiß und ultra marin in gleichmäßiger Abstufung 8 Farbtöne enthielt. Man konnte danach bequem 16 Abstufungen schätzen. Weiß bezeichne ich mit 1 und ultramarin mit 14. Auf der bolivianischen Hochebene beobachtete ich die Farbskala 12, also nahezu ultra marin bei einem Trübungsfaktor 1,2, im Dunkelmeer oft nur die Farbskala 2, also fast weiß bei einem Trübungsfaktor 5. Das Mittel in der norddeutschen Tiefebene wurde etwa Farbskala 4—6 ergeben. In der bolivianischen Hochebene war die Luft so rein, daß man, wenn man die Sonne bei ausgestrecktem Arm mit dem kleinen Finger abdeckte, rechts und links den tiefblauen Himmel hatte, während man in Frankfurt a. M. normalerweise die doppelte Handbreite braucht, das sind 20°, um den sich um die Sonne bildenden hellen Schein abzudecken. Die tägliche Periode der Lufttrübung war jedoch mit der Farbskala nicht mehr festzustellen. Insofern ist die Einführung des Trübungsfaktors gegenüber dem von *de Saussure* vorgeschlagenen Cyanometer ein wesentlicher Fortschritt.

Außer der direkten Strahlung der Sonne stehen wir noch unter dem Einfluß der Strahlung des Himmels. Das ist eine indirekte Sonnenstrahlung, die dadurch hervorgerufen wird, daß die Gasmoleküle der Atmosphäre zu selbständigen Lichtquellen werden. Diese Strahlung ist jedoch etwas anderer Art als die direkte Sonnenstrahlung. Sie entsteht durch Schwingungen der Moleküle, die nicht nach allen Seiten gleichmäßig verlaufen, sondern in denen bestimmte Richtungen bevorzugt sind. Man nennt solches Licht „polarisiert". Wie die spezifische Wirkung des polarisierten Lichtes auf den Organismus ist, darüber liegen endgültige Erfahrungen noch nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, daß Wirkungen vorhanden sind. Insofern ist es auch für den Arzt von Bedeutung zu wissen, daß die Polarisationsgröße um so kleiner ist, je größer die Zahl und Größe der in der Luft

suspendierten Stäubchen ist Dr *Milch* in Frankfurt gelang es, hier für eine Definition zu finden, nämlich den sogenannten „Depolarisationsfaktor“, der zeigt, um wieviel die Polarisationsgröße einer idealen Atmosphäre durch Trübungen herabgesetzt wird In folgender Tabelle 4 wird die naturgemäß vorhandene Beziehung dieses Depolarisationsfaktors zum Trübungsgrad der Atmosphäre bestimmt

Tabelle 3

Abhängigkeit des Depolarisationsfaktors des Himmelslichtes vom Trübungsgrad

Trübungsfaktor	T = 1	2	3	4
Depolar Faktor	D = 0,20	0 51	0 82	1 12

Leider liegen noch keine Messungen vor über die Abhängigkeit der Intensität des gesamten Himmelslichtes vom Trübungsgrad infolge der technischen Schwierigkeiten die den Messungen im Wege stehen Ich hoffe jedoch, später über diese Abhängigkeit der Intensität des Himmelslichtes vom Trübungsfaktor berichten zu können

Das Strahlungsklima eines Ortes leitet man bisher aus den Messungen der Intensität der *direkten* Sonnenstrahlung ab Da dieses Strahlungsklima, abgesehen von der geographischen Lage eines Ortes, nur noch von meteorologischen Faktoren abhängt nämlich dem Trübungsgrad der wolkenfreien Luft und dem Bewölkungsgrad, ist es möglich, mit Hilfe des Trübungsfaktors und den Werten der Sonnenscheindauer das Strahlungsklima zu definieren Rechnerische Ueberlegungen zeigten daß die geographische Breite eines Ortes auf die mittlere Strahlungssumme des Jahres in Europa einen Einfluß von etwa 1 % pro Breitengrad hat und die Meereshöhe für 100 m etwa ½ % alles bei mittlerem Trübungsgrad berechnet Dahingegen bewirkt eine Aenderung des Trübungsfaktors um eine Einheit schon eine Aenderung von 17 %, wie beifolgende Tabelle 4 die für 50 ° geographische Breite berechnet ist, erkennen läßt Natürlich muß außerdem noch der Bewölkungsgrad berücksichtigt werden, der ja die eigentliche Ursache ist daß die Alpen gegenüber den deutschen Mittelgebirgen strahlungsklimatisch so bevorzugt sind

Tabelle 4

Tagessummen der Sonnenstrahlung bei verschiedenen Trübungsfaktoren unter 50° N Breite

	T = 1	2	3	4
Juni	1400	1115	910	765 gcal pro qcm
Dezember	485	325	225	165
Jahresmittel	1000	765	595	480

Am Taunusobservatorium haben wir seit Jahren für jeden heiteren Tag den mittleren Trübungsfaktor berechnet und so einen *Trübungskalender* angelegt Dadurch konnten wir weitgehende Be

ziehungen des Trubungsfaktors sowohl zum augenblicklichen wie zum kunftigen Wetter finden Wetterprognosen auf Regen die allein auf die Zu und Abnahme des Trubungsfaktors basiert wurden, hatten Treffsicherheiten bis uber 80 % Das Herannahen einer barometri schen Depression macht sich namlich schon 1 bis 2 Tage vorher durch auffallige Zunahme des Trubungsgrades der wolkenlosen Luft bemerkbar In Hochdruckgebieten betrug der mittlere Trubungsfaktor am Taunusobservatorium etwa 1 8 in Tiefdruckgebieten dagegen 3 Dies erklart sich nicht nur aus der Wirkung des hohern Wasser dampfgehaltes der Atmosphare der Sonnenstrahlen teilweise absor biert, sondern noch mehr aus Bildung dem Auge noch nicht erkenn barer Tropfchen von weniger als $^1/_{1000}$ mm Durchmesser Diese bilden sich infolge der hygroskopischen Natur der Kondensationskerne in der Atmosphare, noch ehe die relative Feuchtigkeit den Sattigungs grad erreicht hat

Den Einfluß des Wasserdampfes auf den Trubungsfaktor kann man einerseits theoretisch, anderseits aus den Beobachtungen ablei ten Die theoretischen Ueberlegungen geben einen geringern Einfluß des Wassergehaltes, der ubrigens auch in den staubfreien Gegenden Argentiniens empirisch festgestellt werden konnte In Europa fanden wir eine fast vierfach großere Abhangigkeit des Trubungsfaktors vom Wassergehalt, was offenbar auf die eben erwahnte trubende Wirkung der ultramikroskopischen Tropfchen zuruckzufuhren ist

Naher auf diese interessanten Beziehungen einzugehen wurde hier zu weit fuhren Ich muß auf eine im nachsten Bericht des Meteorologisch geophysikalischen Instituts zu Frankfurt a M erschei nende Abhandlung verweisen

Hingegen wird die Wirkung der 3 verschiedenen Trubungs ursachen in der Atmosphare, namlich der diffusen Zerstreuung einer Molekule, der Absorption des Wasserdampfes und der Reflexion und Beugung an den festen und flussigen Bestandteilen der Atmosphare durch folgende Tabelle anschaulich gemacht Die Wirkung der diffusen

Tabelle 5

Anteile der drei trubenden Wirkungen am Trubungsfaktor am Taunus Observatorium

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
Diffuse Zerstreuung a d Molekulen	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
Absorption d Wasserdampfes	0 12	0 14	0 15	0 15	0 22	0 27	0 29	0 28	0 24	0 20	0 14	0 13	0 19
Dunst	0 26	0 54	1 35	1 19	1 36	1 65	1 39	1 28	0 73	0 46	0 28	0 20	0 91
Trubungsfaktor	**1 38**	**1 68**	**2 50**	**2 34**	**2 58**	**2 92**	**2 68**	**2 56**	**1 97**	**1 66**	**1 42**	**1 33**	**2 10**

Zerstreuung durch die Molekule ist gemaß der Definition des Trubungsfaktors stets gleich 1 Die Absorption des Wasserdampfes wurde am Taunusobservatorium nur den Trubungsfaktor um 0,1 bis 0,3 erhohen Die starke Zunahme der Trubung in den Sommermonaten kommt also zum uberragenden Teil auf Rechnung des Dunstes und der aus ihm sich bildenden feinsten Elementartropfchen Man sieht sofort, daß auch, wie ich schon vorher ausfuhrte die starke tagliche Schwankung des Trubungsfaktors ausschließlich auf Rechnung des Anwachsens trubender Teilchen zu setzen ist So fuhren die Untersuchungen des Trubungsfaktors mit Notwendigkeit dazu, die Atmosphare vom Standpunkt der Kolloidchemie anzusehen, und wir werden auf diesem Gebiet der „kolloidmeteorologischen" Untersuchungen gewiß noch manche weitere Fortschritte machen, die uns die Anwendung der hochst verwickelten Gesetze der atmospharischen Strahlung in ihrer Wirkung auf den tierischen und den pflanzlichen Organismus erleichtern wird Der Trubungsfaktor wird hier von ganz besonderer Bedeutung werden —

Die guten Erfahrungen die wir mit der Einfuhrung des Trubungsfaktors fur die gesamte direkte Sonnenstrahlung gemacht hatten, drangten von selbst dazu, auch einen *Trubungsfaktor fur einzelne Spektralgebiete* zu berechnen, was in derselben Weise geschehen konnte wenn man namlich die Intensitat der Sonnenstrahlung bei idealer Luft und bestimmter Wellenlangen mit einem dem Filter entsprechenden Wirkungsfaktor multipliziert Die Sache hat naturlich einige Schwierigkeiten und erfordert große Vorsicht, weil die drei vorhin genannten strahlungsschwachenden Ursachen in verschiedenen Spektralbereichen verschieden auftreten

Am unbedenklichsten ist die Berechnung eines partiellen Trubungsfaktors fur den *optischen* Spektralbereich, also fur astronomische Helligkeitsmessungen sowohl der Sonne als auch der Sterne Bisher halfen sich die Astronomen damit, daß sie fur jeden Stern mittlere Extinktionstabellen berechneten, um die Helligkeit der Sterne auf den Zenithstand zu reduzieren Bei den großen Schwankungen, denen nach unsern Erfahrungen die Extinktion unterworfen ist, mussen solche mittlere Extinktionstabellen Fehler verursachen Es wurde jedoch sehr leicht sein, fur jeden Beobachtungstag den jeweiligen optischen Trubungsfaktor zu bestimmen, wodurch die Helligkeitsmessungen an Genauigkeit sehr gewinnen wurden

Wird die Helligkeit auf photographischem Wege gemessen, so kann derselbe Weg eingeschlagen werden Hier haben wir aber schon Vorgange gesammelt, denn der Empfindlichkeitsbereich der photographischen Platte ist etwa der gleiche wie der der Natrium-Photozelle 4jahrige Beobachtungen des Taunusobservatoriums sind hieruber schon veroffentlicht In einer kurzlich veroffentlichten Arbeit hat Herr Dr W *Hartmann* auch die Trubungsfaktoren fur den Bereich der Natriumzellen berechnet und gefunden, daß die Trubung in diesem kurzwelligen Spektralbereich fast unabhangig vom Wasser

dampfgehalt ist. Das war auch zu erwarten, weil sich in diesem Spektralbereich keine Wasserdampfabsorptionsbanden befinden. So haben wir also in dem partiellen Trübungsfaktor für die Natriumzelle einen Wert für die durch „Aerosole“ — das sind feste oder flüssige Teilchen, die in der Luft schwimmen — hervorgerufene Trübung. Dr. *Hartmann* findet in erster Linie eine Abhängigkeit dieses kurzwelligen Trübungsfaktors von der Windrichtung. Nordostwind hat den größten Trübungsfaktor 1,78, Westwind den kleinsten 1,38, was ohne weiteres verständlich ist, weil die kontinentalen Nordostwinde mehr Dunst enthalten als die maritimen Westwinde. Dr. *Milch* hatte für die Gesamtstrahlung gerade das Gegenteil gefunden. Wenn aber Dr. *Hartmann* ähnliche Abhängigkeiten des kurzwelligen Trübungsfaktors von der Wetterlage findet wie sie Dr. *Milch* für den Trübungsfaktor des Gesamtspektrums gefunden hat, so heißt das nichts anderes als daß in beiden Fällen nicht der Wasserdampfgehalt, sondern die Zahl und Größe der Dunsttröpfchen für eine bestimmte Wetterlage charakteristisch ist. Tabelle 6 zeigt noch die Monatsmittel des Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung.

Tabelle 6

Monatsmittel des Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung am Taunus-Observatorium

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
1,07	1,21	1,80	1,75	1,65	1,65	1,83	1,76	1,5[illegible]	1,46	1,23	1,12	1,51

Für die Klimatologie ist von Bedeutung, daß die Tropensonne trotz großer Gesamttrübung doch relativ reicher an kurzwelliger Strahlung ist als die Sonne der gemäßigten Zone, weil durch die großen Regenmengen der Dunst zur Erde befördert wird. Es soll hier gleich eingeschoben werden, daß das rote und ultrarote Licht wegen der bekannten Wasserdampfabsorption im langwelligen Spektralbereich in den Tropen besonders geschwächt ist, so daß die Tropensonne aus beiden Gründen blauer ist und deshalb naturgemäß andere physiologische und biologische Wirkungen ausüben muß.

Die untersten dunsterfüllten Schichten der Atmosphäre schwächen gerade diese kurzwellige Strahlung recht bedeutend. Das Taunusobservatorium, das Frankfurt a. M. um 700 m überragt, hat im Mittel einen um eine ganze Einheit niedrigern Trübungfaktor für kurzwellige Strahlung.

Auf weitere Gesetzmäßigkeiten des partiellen Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung einzugehen, muß ich mir hier versagen. Es wird jedoch die Zeit kommen, wo der Arzt solche Messungen braucht. Prof. *Dorno* deutet in einer seiner Mitteilungen an, daß jeder Spektralbereich seine besondere physiologische und biologische

Bedeutung habe und es nötig sei, durch Bestrahlung mit Licht engbegrenzter Spektralbereiche diese Wirkungen aufzusuchen. Dann wird auch der partielle Trübungsfaktor praktische Bedeutung gewinnen.

Nur ein Ergebnis will ich noch mitteilen. Wenn man die Intensität im kurzwelligen Spektralbereich, also beiderseits der Grenze des sichtbaren Lichtes, für medizinische Studien abschätzen will, braucht der Arzt nicht die recht schwierigen Messungen mit Photozellen zu machen, sondern er braucht nur mit Hilfe der — nach Einführung des *Hartmann* und *Braun*schen Universal-Aktinometers kinderleichten — Gesamtstrahlungsmessungen den Trübungsfaktor für die Gesamtstrahlung zu berechnen und findet dann die Intensität des sogenannten aktinischen Spektralbereiches, wie es durch die Natriumzelle hinlänglich genau wiedergegeben wird:

$$J_k = J_o \; 0{,}73^{(/ \; 1 + / \; m)}$$

Einen *Trübungsfaktor für rote und ultrarote Strahlung* zu veröffentlichen, kann ich mich aus den schon erwähnten grundsätzlichen Bedenken noch nicht entschließen, denn die Trübung in rot und ultrarot erfolgt fast ausschließlich durch Absorption des Wasserdampfes in unregelmäßig verteilten streng begrenzten Spektralgebieten. Die als Einheit betrachtete diffuse Zerstreuung durch die Luftmoleküle ist in diesem Spektralbereich schon ganz verschwindend. Man tut besser, die Rotstrahlung in Prozenten der Gesamtstrahlung auszudrücken. Dieser Prozentsatz ist, wie schon bekannt, bei tieferm Sonnenstand größer als bei höherem Sonnenstand, was schon die rote Farbe der untergehenden Sonne zeigt. Er verringert sich natürlich auch mit wachsendem Dampfdruck. Beifolgende Tabelle 7 gibt auf Grund der Ergebnisse meiner argentinischen Reise diese Abhängigkeit der prozentualen Rotstrahlung von der Luftfeuchtigkeit wieder. Sie beträgt für einen Unterschied von 20 mm Dampfdruck jedoch nur 4 %.

Tabelle 7

Abhängigkeit des Rotgehaltes der Sonnenstrahlung vom Dampfdruck

Luftmasse	m = 1	3	5
Dampfdruck 0	56	62	67
in mm Hg 5	55	61	66
10	54	61	65
15	53	60	64
20	52	59	63

Di *Milch* hat nun aber eine Statistik über den Zusammenhang dieser prozentualen Rotstrahlung mit dem Trübungsfaktor aufgestellt, die in folgender Tabelle 8 wiedergegeben wird. Danach steigt also der Rotgehalt mit wachsender Trübung stark an, besonders bei tiefem Sonnenstand. Zwischen Trübungsfaktor 1 und 5 kann er um

Tabelle 8

Abhangigkeit des prozent Rotgehaltes vom Trubungsfaktor (nach W Milch)

	m = 1	2	3	4	5	6
	Durchstrahlte Luftmasse					
T = 1	47 5	52 1	54 5	56 6	58 7	60 8
2	50 3	53 2	56 0	58 8	61 9	65
3	51 1	54 8	58 6	62 8	67 2	72
4	52 8	57 0	61 9	67 5	(75)	—
5	54 3	59 5	65 7	(76)	—	—

10 bis 20% ansteigen Man sieht ganz allgemein, daß bei hohem Trubungsgrad das Sonnenspektrum ganz gewaltig nach den langen Wellen hin verschoben wird, daß nicht nur absolut, sondern sogar prozentual die biologisch und physiologisch so wertvolle kurzwellige Strahlung auf Kosten der langwelligen stark geschwacht wird So bietet also der Trubungsfaktor hier wieder wertvolle Hilfe, diese Verschiedenheit der Zusammensetzung des Sonnenlichtes quantitativ abzuschatzen

Die Einfuhrung des Trubungsfaktors in die Aktinometrie hat, wie ich hoffe gezeigt zu haben — außer ihrer theoretischen Bedeutung zur Erforschung des kolloidalen Aufbaues der Atmosphare — hohe praktische Bedeutung fur die medizinische Verwendung der naturlichen Sonnenstrahlung in der Klimatotherapie Er schafft die Moglichkeit, die naturliche Sonnenstrahlung zu dosieren, indem die Schwankungen in der Intensitat und in der Zusammensetzung der Sonnenstrahlung, die von Jahreszeit, Tageszeit, Hohenlage, Wassergehalt Dunstgehalt und der geographischen Breite abhangen, durch *eine einzige Variable* namlich den Trubungsgrad reduziert werden konnen

Wenn wir nun den Trubungsgrad der wolkenfreien Luft in die Reihe der Klimafaktoren aufnehmen, so folgen wir dabei nur dem allgemeinen Empfinden Denn wer wußte vom Klima Italiens nicht wenigstens daß dort ein ewig blauer Himmel herrschen soll, und sprache nicht vom dunstigen Himmel der Industriegebiete und Großstadte! Die Sonnenstrahlung ist ewig konstant, ihre klimatische Verschiedenheit wird durch die Variation der Lufttrubung erreicht Sie gilt es zu messen, zu erforschen und in der Klimatotherapie zu berucksichtigen

Die Bedeutung des Ozongehaltes der Atmosphare fur die Sonnenstrahlung

Von *Fdgar Meyer* Zurich

§ 1 In der Nahe der Wellenlange $\lambda = 290\ \mu\mu$ endet das Sonnenspektrum im Ultraviolett ganz plotzlich Auch sehr ver langerte Exposition bei der photographischen Methode (75 Minuten bei *Fabry* und *Buisson*[1]) oder die Beobachtung in großer Hohe uber dem Meere (9000 m *Wigand*[2]) im Ballon oder endlich die Anwendung der sehr empfindlichen photoelektrischen Zellen (*Dember* auf dem Pik von Teneriffa in 3280 m *Hohe*[3])) vermogen nicht diese ultraviolette Grenze des Sonnenspektrums zu kleineren Wellen langen hin zu verschieben Es folgt aus diesen Beobachtungen, daß man es hier nicht etwa mit einer Grenze zu tun hat, die durch die Versuchsmethode vorgetauscht ist

Der Grund fur das Auftreten dieser scharfen ultravioletten Grenze konnte darin zu suchen sein, daß die Sonne tatsachlich keine kleineren Wellenlangen aussendet Dem widerspricht jedoch die Er fahrung, daß sich sonst die Strahlungsgesetze des schwarzen Korpers widerspruchslos auf die Sonne anwenden lassen

Die Anwendung dieser Gesetze gibt unter der Annahme einer Solar konstanten von 1 93 eine Sonnentemperatur von 5750° abs Ein schwarz strahlender Korper sendet aber bei einer Temperatur von 5750° abs noch eine sehr betrachtliche Energie bei kleineren Wellenlangen aus Setzt man z B die Energie einer solchen Strahlung bei der Wellenlange $\lambda = 330\ \mu\mu$ willkurlich gleich 100 so ist selbst bei $\lambda = 210\ \mu\mu$ die Energie noch gleich 13

Hiernach ist also gar nicht einzusehen, warum nicht im Sonnen spektrum noch Energie weit unterhalb $\lambda = 290$ nachzuweisen ware

Very[4]) hat die Vermutung ausgesprochen, daß die Sonnen atmosphare selbst schon alles unterhalb $\lambda = 290\ \mu\mu$ absorbiert Aber diese Auffassung kann nach den direkten Versuchen von *Fabry* und *Buisson* (l c) nicht aufrecht erhalten werden Diese Forscher haben namlich gezeigt, daß in dem Gebiet $\lambda = 314{,}3$ bis $\lambda = 289\ 8\ \mu\mu$

[1]) *Ch Fabry* und *H Buisson* Astrophys Journ *54* 297 1921
[2]) *A Wigand* Phys Zeitschr *14* 1144 1913
[3]) *H Dember* Ann d Phys *49* 599 1916
[4]) *F W Very* Astrophys Journ *16* 73 1902

das Spektrum des Sonnenrandes ungefähr zweimal geringere Intensität besitzt als das Spektrum der Sonnenmitte, und zwar *unabhängig* von der Wellenlänge. Wären aber die Schichten der Sonnenatmosphäre verantwortlich für die Begrenzung des Sonnenspektrums, so müßte in dem untersuchten Gebiet mit abnehmender Wellenlänge eine immer stärkere Schwächung der Strahlung (Sonnenrand gegen Sonnenmitte) einsetzen.

Nun hat *Huggins*[5]) gezeigt, daß das Spektrum der Wega (α Lyrae), eines weißen Sternes der I. Spektralklasse von Secchi, also eines Sternes von viel höherer Temperatur und von viel größerer Intensität im kurzwelligen Spektrum als die Sonne, doch bei derselben Wellenlänge von etwa $\lambda = 290\ \mu\mu$ endet. Das deutet aber mit allergrößter Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß das Ende des Sonnenspektrums durch die Erdatmosphäre bedingt ist.

§ 2. Es fragt sich nun, welcher Bestandteil der Erdatmosphäre diese plötzlich bei $\lambda = 290\ \mu\mu$ beginnende starke Absorption bedingen kann. *Hartley*[6]) hat zuerst ausgesprochen, daß diese Substanz wahrscheinlich das Ozon ist.

Das Ozon besitzt nämlich neben anderen auch ein sehr starkes Absorptionsband, das sich von etwa $\lambda = 210$ bis $\lambda = 290\ \mu\mu$ erstreckt mit dem Maximum bei etwa $\lambda = 257\ \mu\mu$. Die Absorptionskoeffizienten in diesem Gebiet sind von *Meyer*[7]), *Krüger* und *Moeller*[8]) sowie von *Fabry* und *Buisson*[9]) gemessen worden. Wenn auch die in den zitierten Arbeiten angegebenen Absorptionskoeffizienten nicht gut miteinander übereinstimmen (bei kürzeren Wellenlängen koinzidieren die Werte von *Meyer*, bei längeren aber diejenigen von *Krüger-Moeller* mit denen von *Fabry-Buisson*), so sind doch die Verhältnisse genügend bekannt, um die folgenden quantitativen Ueberlegungen ausführen zu können.

Daß Ozon in der Erdatmosphäre wirklich vorhanden ist, dafür sprechen eine Reihe von Erfahrungen. Auf den chemischen Nachweis darf allerdings dabei kein allzu großes Gewicht gelegt werden, da bei den bisher verwandten chemischen Untersuchungsmethoden auch andere Substanzen als Ozon (z. B. Wasserstoffsuperoxyd) mitgewirkt haben können. Das einzige spezifische Reagenz auf Ozon von *Arnold* (Tetramethyldiaminodiphenylmethan) ist meines Wissens noch nicht zur quantitativen Bestimmung des Ozongehaltes der Luft verwandt worden. Die optischen Methoden zeigen aber einwandfrei das Vorhandensein von Ozon.

So beobachtete *Schöne*[10]) die Ozon-Absorptionsbande $\lambda = 609{,}5 - 593{,}5\ \mu\mu$ im Sonnenspektrum bei niedrigem Sonnenstande; das gleiche gibt *Hartley*[10]) an. Vor allem aber hat *Ångström*[11]) mit dem Spektrobolograph die ultraroten Ozon-Absorptionsbanden bei $\lambda = 4{,}8\ \mu$ und bei $\lambda = 9{,}1 - 10{,}0\ \mu$ im

---

[5]) *W. Huggins*, Proc. Roy. Soc. London *46*, 133, 1890.

[6]) *W. N. Hartley*, Chem. News *42*, 268, 1880.

[7]) *E. Meyer*, Ann. d. Phys. *12*, 849, 1903.

[8]) *F. Krüger* und *M. Moeller*, Phys. Zeitschr. *13*, 729, 1912.

[9]) *Ch. Fabry* und *H. Buisson*, Journ. de Physique (5) *3*, 196, 1913.

[10]) Zitiert nach *H. Kayser*, Handbuch der Spektroskopie III. Band, p. 361, Leipzig 1905 bei Hirzel.

[11]) *K. Ångström*, Ark. för Mat., Astr. och Fysik *1*, 395, 1904.

Sonnenspektrum sicher nachgewiesen Weiter ist die Anwesenheit von Ozon in der Erdatmosphare durch *Fowler* und *Strutt*[12]) außer Zweifel gestellt worden die die Existenz der Absorptionsbande in der Gegend von $\lambda = 330\ \mu\mu$ sowohl im Licht der Sonne als auch in dem der Sterne feststellten Die Absorption in dieser Bande ist nicht genugend stark, um schon hier das Sonnenspektrum endigen zu lassen

In einer sehr schonen Untersuchung haben dann *Fabry* und *Buisson*[13]) den Intensitatsabfall am ultravioletten Ende des Sonnen spektrums quantitativ aus den Absorptionskoeffizienten des Ozons berechnen konnen, so daß mit dieser Arbeit wohl die Frage nach der Ursache der ultravioletten Grenze im Sonnenspektrum definitiv gelost ist

§ 3 Wie schon in § 1 erwahnt, verschiebt sich die Grenze nicht zu kurzeren Wellenlangen, auch wenn man in sehr großen Hohen beobachtet Diese Tatsache ist einwandfrei nachgewiesen durch *Miethe* und *Lehmann*[14]) Sie fanden als Endwellenlangen

Ort	Hohe	λ
Berlin	50 m	291,26 $\mu\mu$
Assuan	116	291,24 „
Zermatt	1620 „	291,36 „
Gornergrat	3136 „	291,10 „
Monte Rosa	4560 „	291,21

Zu genau demselben Resultat kam *Wigand* (l c) Im Frei ballon in 9000 m Hohe fand er genau dieselbe Endwellenlange wie in Halle (100 m)

Die alteren, diesen Resultaten widersprechenden Ergebnisse von *Cornu*[15]) daß eine Zunahme von 1 $\mu\mu$ bei einer Erhebung um 663 m ein tritt durften durch zerstreutes Licht in seiner Apparatur bedingt sein Auch die Beobachtung der außersten Wellenlange $\lambda = 285\ \mu\mu$ durch *Dember* (l c) auf dem Pik von Teneriffa scheint mir deswegen zweifelhaft weil sein angegebener Transmissionskoeffizient $a = 0\,014$ fur diese Wellen lange viel zu groß sein durfte (vergl die Messungen von *Fabry Buisson*)

Aus den Arbeiten von Miethe Lehmann und von Wigand geht zur Evidenz hervor daß das Ozon in der Erdatmosphare nicht gleich maßig verteilt sein kann sondern nur in den hoheren Schichten vorhanden ist Es ist dieses auch von vorne herein ziemlich wahr scheinlich, weil die zufalligen Beimengungen der unteren Atmospharen schichten wie Staub, Wasserstoffsuperoxyd, nitrose Gase u s w einen stark desozonisierenden Einfluß ausuben mussen Damit in Ueber einstimmung steht ein Resultat von *Strutt*[16]) der die Absorption der ultravioletten Strahlung einer kunstlichen Lichtquelle zwischen zwei Stationen studierte Er fand, daß die Quecksilberlinie $\lambda = 253{,}6\ \mu\mu$ noch gut durch eine Luftschicht von 6,45 km Lange hindurchging Ware in dieser Schicht Ozon von derselben Konzentration vorhanden

---

12) *A Fowler* und *R J Strutt* Proceed Roy Soc London A *93* 577 1917
13) *Ch Fabry* und *H Buisson* Astrophys Journ *54* 297 1921
14) *A Miethe* und *F Lehmann* Berl Akad Ber 1909 p 268
15) *A Cornu* C R *88* 1101 1285 1879 *89* 808 1879 *90* 940 1880
16) *R J Strutt* Proceed Roy Soc London A *94* 260 1918

gewesen, wie sie nach den Messungen von *Fabry* und *Buisson* angenommen werden muß (0,4 cm^3 Ozon pro 1 m^3 Luft), so hatte die Intensitat auf den 10^{33} Teil geschwacht sein mussen In den unteren Schichten der Atmosphare durfte also hiernach nur verschwindend wenig Ozon vorhanden sein

§ 4 Stellt man noch die Frage, wodurch in den hohen Schichten der Erdatmosphare das Ozon gebildet wird, so ist die Beantwortung einfach Wie von *Lenard*[17]) und weiter von *Regener*[18]) nachgewiesen wurde, wird Sauerstoff durch ultraviolette Strahlung deren Wellenlange $< 200\ \mu\mu$ ist, ozonisiert Nun muß aber die Sonnenstrahlung, welche exterrestrisch auf die Grenze der Erdatmosphare auffallt, nach den Ueberlegungen des § 1 sehr betrachtliche Mengen von ultravioletter Strahlung mit Wellenlangen $< 200\ \mu\mu$ enthalten, es liegt nahe, diese Strahlung fur die Ozonisierung in den hochsten Schichten verantwortlich zu machen In tiefere Schichten kann aber dieser Ozonisierungsprozeß nicht vordringen, weil die Wellenlangen $< 200\ \mu\mu$ nach den Messungen von *Kreusler*[19]) durch Luft stark absorbiert werden

Die Konzentration des Ozon in diesen hohen Atmospharenschichten kann aber nur bis zu einem gewissen Betrag ansteigen Denn Strahlung von der Wellenlange $\lambda = 210$ bis $\lambda = 290\ \mu\mu$ ubt nach den Versuchen von *Regener* (l c) eine desozonisierende Wirkung aus Es muß sich daher eine bestimmte Gleichgewichtskonzentration ausbilden Leider ist es nicht moglich dieses Gleichgewicht zu berechnen, da einige notwendige Daten fehlen Zu berucksichtigen ware dabei aber, daß nach *Regener* resp nach *von Bahr*[20]) die desozonisierende Wirkung stark von der Temperatur und dem Druck abhangt

§ 5 *Dorno* [1]) hat nun in Davos sehr schone Messungen der kurzesten, im Sonnenspektrum wahrnehmbaren Wellenlangen gemacht, und zwar sowohl in Abhangigkeit von der taglichen Sonnenhohe als auch von der Jahreszeit Als Instrument diente ein auf seine Anregung von der Firma Carl Zeiß, Jena, gebauter Spektrograph mit vier dispergierenden Quarzprismen zur dauernden Registrierung des ultravioletten Sonnenspektrums Der Apparat gestattet, die Wellenlange bis auf 0 1 $\mu\mu$ abzulesen Wie alle Instrumente, außer dem von *Fabry* und *Buisson* verwandten, leidet auch der Dorno'sche Apparat an dem Fehler, daß eine gewisse kleine innere Zerstreuung nicht auszuschalten war *Dorno* unterscheidet deswegen zwischen „deutlich meßbaren Endlinien" (also den letzten meßbaren Spektrallinien des Sonnenspektrums) und letzten Ein-

[17]) *Ph Lenard* Ann d Phys *1,* 486 1900
[18]) *E Regener* Ann d Phys *20* 1033 1906
[19]) *H Kreusler* Ann d Phys *6* 412 1901
[20]) *E von Bahr* Ann d Phys *33* 598 1910
[1]) *C Dorno* Studie uber Licht und Luft des Hochgebirges Braunschweig 1911 bei Vieweg u Sohn

wirkungsspuren Da nur die ersteren angesprochen wurden so halte ich seine Ergebnisse für absolut einwandfrei und unbeeinflußt durch das im Innern des Apparates zerstreute Licht wenigstens in Bezug auf die Erscheinungen, die ich im folgenden quantitativ behandeln möchte Diese Bemerkung sei gemacht weil *Götz* [2]), der auf Veranlassung von *Dorno* die Davoser Spektrogramme nach Intensitäten auszuwerten suchte, angibt daß diese hierfür wegen des zu starken, diffus zerstreuten Lichtes im Apparat ungeeignet waren

Ich möchte nun zeigen, daß sich die *Dorno* schen Beobachtungen über die letzten beobachteten Wellenlängen im Sonnenspektrum quantitativ aus der Absorption des atmosphärischen Ozon in Verbindung mit der *Rayleigh* schen Zerstreuung berechnen lassen

§ 6 Es seien zuerst die Versuchsergebnisse von *Dorno* angeführt und zwar wollen wir uns auf Tabelle 21 seiner „Studie“ (l c) stützen, in der angegeben sind „kleinste im Sonnenspektrum wahrnehmbare Wellenlängen, nach Sonnenhöhen von 5 zu 5° geordnet, an je einem wolkenlosen Tage jedes Monats in $\mu\mu$ Wir wollen uns hier nur auf die Jahresmittel beziehen Die Daten sind in Spalte 1 und 2 der Tabelle I aufgeführt

Tabelle I

φ	λ beob	log sin φ	λ ber	Δ
65°	298 0 $\mu\mu$	9 957 – 10	297 1 $\mu\mu$	+ 0 9
60	297 9	9 938	297 7	+ 0 2
55	298 4	9 913	298 3	+ 0 1
50	298 5	9 884	299 2	— 0 7
45	299 7	9 849	299 9	— 0 2
40	301 6	9 808	301 0	+ 0 6
35	302 8	9 759	302 3	+ 0 5
30	304 3	9 699	303 9	+ 0 4
25	305 6	9 626	305 8	— 0 2
20	307 8	9 534	308 4	— 0 6
15	310 6	9 413	311 5	— 0 9
10	315 8	9 240	316 0	— 0 2

Trägt man die Werte von λ in ein Koordinatensystem als Ordinaten ein und wählt als Abszissen die Logarithmen vom sinus der Sonnenhöhe φ, so erhält man eine Gerade, deren Gleichung lautet

$$\lambda = 296 - 26{,}3 \log \sin \varphi$$

Wie genau das zutrifft, zeigt Spalte 4, welche die so berechneten Werte (λ ber) enthält In Spalte 5 sind unter Δ die Abweichungen λ beob — λ ber angegeben, die Summe der positiven Abweichungen ($\Sigma\Delta + = 2{,}7$) ist gleich der Summe der negativen Abweichungen ($\Sigma\Delta - = 2{,}8$)

Es handelt sich nun darum, die λ als Funktion der φ aus der Ozonabsorption abzuleiten

[22]) *F W P Götz* Augustheft 1925 von Die Sterne Herr Dr Götz hatte mir freundlichst vor dem Erscheinen den Korrekturbogen zugesandt

§ 7 Verläuft ein Strahl von der Wellenlänge λ während einer Strecke χ in einem Gase so tritt nach *Rayleigh* eine Zerstreuung an den Gasmolekülen auf wodurch der Strahl geschwächt wird und zwar nach der Gleichung

$$i = J_0 \, e^{-h\chi}$$

wobei J_0 die auffallende, i die durchgegangene Intensität und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet h wird der Extinktionskoeffizient genannt *Planck*[23]) gelangt für den Extinktionskoeffizienten zu dem Ausdruck

$$h = \frac{32\,\pi^3}{3\,n\,\lambda^4}\,(\mu - 1)$$

wo μ den Brechungsexponenten des Lichtes für die Wellenlänge λ und n die Loschmidt sche Zahl bedeutet (Anzahl der Gasmoleküle pro 1 cm^3 bei 0^0 und 760 mm Druck $n = 2{,}70 \cdot 10^{19}$)

Bei einem Gase in welchem wirkliche Absorption stattfindet gilt die Beziehung

$$i = J_0 \, 10^{-\alpha d}$$

wobei α den Absorptionskoeffizienten und d die durchstrahlte Schichtdicke darstellt

Hat man nun ein Gemisch von zwei Gasen bei dem die eine Komponente das Licht durch Extinktion schwächt die andere aber eine wirkliche Absorption besitzt so gilt wenn die (kleine) Konzentration der zweiten Komponente p genannt wird

$$i = J_0 \, e^{-h\chi} \, 10^{-\alpha d p}$$

Wendet man diese Gleichung auf die besprochenen Verhältnisse in der Erdatmosphäre an so ist zu bedenken daß die einfallende Intensität eine Funktion der Wellenlänge darstellt Es wird daher statt Jo fortan J_λ geschrieben J_λ läßt sich für die einzelnen Wellenlängen leicht in relativem Maß aus dem Planck schen Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers berechnen (Sonnentemperatur zu 5750^0 abs angenommen) χ ist die Dicke der durchstrahlten Atmosphärenschicht Für die „homogene" Atmosphäre ist hierbei bei Zenithsonne $\chi_0 = 7{,}99 \cdot 10$ cm bei 0^0 C angesetzt für die Höhe von Davos ist dieser Wert noch mit dem Verhältnis der mittleren Barometerständen $\frac{631}{760} = 0{,}83$ zu multiplizieren Als Funktion der Sonnenhöhe φ gilt angenähert $\chi = \frac{\chi_0}{\sin\varphi}$

Nimmt man weiter die von *Fabry* und *Buisson* (l c) bei längeren Wellen gemessenen Absorptionskoeffizienten als richtig an so kann man diese in der Form darstellen

$$\log \alpha = 17{,}58 - 0{,}0564\,\lambda$$

Augenscheinlich wird nun von *Dorno* die letzte Wellenlänge im Sonnenspektrum dann registriert, wenn die durchgelassene Intensität i auf einen bestimmten Wert i_0 gefallen ist Dieser Wert von i_0 ist eine Apparatkonstante es wird angenommen, daß i_0 in dem kleinen in Betracht kommenden Wellenlängenbereich unabhängig von der Wellenlänge ist

---

[23]) *M Planck* Berl Akad Ber 1904 p 740

Die Rechnung ergibt fur den Zusammenhang von log sin φ mit der kleinsten beobachtbaren Wellenlange λ_m folgende Formel

$$\log \sin \varphi = \log (h \ \chi_0 \ 0\,83 \log e + \alpha p d) - \log \log \frac{J_\lambda}{i_0}$$

J_λ ist bekannt aus dem Strahlungsgesetz (J_λ bei $\lambda = 330$ $\mu\mu$ wird willkurlich = 100 gesetzt) h laßt sich aus der *Rayleigh* schen Theorie angeben Unbekannt sind die Großen i_0 also die Konstante des *Dorno* schen Apparates, und p d = o, welches die auf 0° C und 760 mm reduzierte durchlaufene Ozonschicht darstellt

p d = δ laßt sich z B aus den Beobachtungen von *Fabry* und *Buisson* entnehmen zu

$$p\,d = o = 0\,3$$

Zur Bestimmung von i_0 diene ein beliebiger ausgeglichener Wert von *Dorno* z B $\lambda = 300$, log sin φ = 9,8479—10

Mit diesem Wert folgt dann aus der obigen allgemeinen Formel

$$i_0 = 0\,218$$

Die *Dorno*'schen Beobachtungen sollten also darstellbar sein durch die Gleichung

$$\log \sin \varphi = \log (h \ \chi_0 \ 0\,83 \log e + \alpha \ 0\,3) - \log \log \frac{J_\lambda}{0\,218}$$

Es sei darauf hingewiesen, daß in dieser Formel nur die eine Konstante i_0 = 0 218 aus den Messungen von *Dorno* bestimmt wurde

Zur numerischen Nachprufung der Gleichung seien in Tabelle II die verwandten Werte angegeben

Tabelle II

λ	h 10⁷	h χ_0	h χ_0 0 83	J_λ
330	9 49	0 758	0 629	100
320	10 80	0 863	0 716	91 9
310	12 34	0 986	0 818	83 2
300	14 16	1 131	0 939	75 2
290	16 43	1 313	1 090	67 4
280	19 15	1 530	1 270	59 1

Die Auswertung der Formel findet sich in Tabelle III Spalte 1 und 2

Tabelle III

λ ber	(log sin φ) ber	λ beob	Δ (ber —beob)
298	9 937—10	297 7	+ 0 3
300	9 848	300 0	± 0 0
305	9 633	305 7	— 0 7
310	9 448	310 5	— 0 5
315	9 305	314 3	+ 0 7

In der dritten Spalte sind die ausgeglichenen Werte von *Dorno* zu den verschiedenen Werten der log sin φ der zweiten Spalte angegeben Unter Δ stehen die Abweichungen zwischen den berechneten und den ausgeglichenen, beobachteten Werten Man sieht, daß die Uebereinstimmung eine recht gute ist, besonders wenn man die

größten Abweichungen in den Beobachtungen von *Dorno* in der Tabelle I von ± 0 9 berücksichtigt

Ich glaube behaupten zu dürfen daß die Theorie der Absorption der Sonnenstrahlung durch das atmosphärische Ozon durch die *Dorno* schen Beobachtungen eine weitere schöne Stütze erhält

Selbstverständlich können auch umgekehrt die Messungen *Dorno* s zur Bestimmung des Ozongehaltes der Atmosphäre benutzt werden In dieser Weise verwandt, könnten sie wahrscheinlich noch zu interessanten und wichtigen Folgerungen führen

§ 7 Es sei noch auf eines aufmerksam gemacht Bei der Wellenlänge $\lambda = 306\ 4\ \mu\mu$ beginnt eine nach Rot abschattierte Absorptionsbande die meistens dem Wasserdampf[24]), manchmal wohl auch dem Sauerstoff[25]) zugeschrieben wird Sie tritt mit solcher Hartnäckigkeit auf daß es bei elektrischen Entladungen oft kaum gelingt, sie (in Emission) zum Verschwinden zu bringen Wird bei tieferem Sonnenstande das Sonnenspektrum auf Wellenlängen $> \lambda = 306{,}4\ \mu\mu$ beschränkt, so muß die Absorption in dieser Bande, sei sie nun durch Wasserdampf oder durch Sauerstoff hervorgerufen, mit berücksichtigt werden Bis heute liegen allerdings noch keine gemessenen Absorptionskoeffizienten vor

§ 8 Schon oft ist die Vermutung ausgesprochen worden daß vielleicht bei der Wellenlänge $\lambda = 210\ \mu\mu$ noch Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre hindurch gelangt, da hier das Ozon wieder durchlässiger wird Nach einer solchen Strahlung ist gesucht worden So habe ich [6]) mit einer photoelektrischen Methode auf dem Gorner grat (3136 m) Versuche angestellt, die 1911 mit einer photographischen Methode auf der Bergli Hütte an der Jungfrau (3299 m) wiederholt wurden (unveröffentlichte Versuche) Weiter haben *Lambert Dejardin* und *Chalonge* [7]) im Observatorium Vallot am Mont Blanc (4347 m) Beobachtungen mit demselben Ziel angestellt Stets aber hat sich ein negatives Resultat ergeben das Sonnenspektrum schneidet in der Gegend von $\lambda = 290\ \mu\mu$ definitiv ab, Strahlung bei $\lambda = 210\ \mu\mu$ ist nicht vorhanden

Duclaux und *Jeantet* [8]) haben deswegen nach Substanzen in der Atmosphäre gesucht, deren Absorption für das Verschwinden der Strahlung bei $\lambda = 210\ \mu\mu$ verantwortlich ist Sie fanden aber nur, daß Ammoniak genügend absorbieren würde, um von $\lambda = 202\ \mu\mu$ an die Sonnenstrahlung zu verschlucken Nach ihnen sollte daher

---

[24]) *G D Liveing* und *J Dewar* Proceed Roy Soc London *30* 498 580 1880 *33* 274 1882 *P Meyerstein* Zeitschr f wiss Phot *2* 131 1904 *H Konen* Ann d Phys *9* 742 1902 *L Grebe* und *O Holtz* Ann d Phys *39* 1243 1912

[25]) *W Steubing* Ann d Phys *33* 573 1910 *A Reiß* Zeitschr f Phys Chem *88* 555 1914 *R Fortrat* Journ de Phys et le Rad *5*, 20 1924

[26]) *E Meyer* Ann d Phys *12* 849 1903

[7]) *P Lambert G Dejardin* und *D Chalonge* Journ de Phys et le Rad *4* 536 1923

[8]) *J Duclaux* und *P Jeantet* Journ de Phys et le Rad *4*, 115 1923

noch ein schmales Band zwischen $\lambda = 20?$ und $\lambda = 210$ $\mu\mu$ bestehen bleiben Ich glaube aber auf Grund folgender quantitativer Ueber legungen daß die Strahlung bei $\lambda = 210$ $\mu\mu$ *nicht* vorhanden ist

Rechnet man sich auf Grund der *Rayleigh* schen Zerstreuung und der Ozonabsorption die Intensitaten i der Sonnenstrahlung aus, die bei $\lambda = 290$ $\mu\mu$ resp bei $\lambda = ?10$ $\mu\mu$ noch den Erdboden er reichen, so findet man

$$\frac{i_{290}}{i_{210}} = 12$$

d h die Intensitat bei $\lambda = 210$ $\mu\mu$ ist noch 12 mal kleiner als die fur uns noch gerade nachweisbare Energie bei $\lambda = ?90$ $\mu\mu$ Es scheint daher ausgeschlossen, daß irgendwelche Strahlung weit unterhalb der Grenze bei $\lambda = 290$ $\mu\mu$ durch die Erdatmosphare hindurch gelangen kann Die Zahlen zu dieser Rechnung sind in Tabelle IV zusammengestellt Der Ozon Absorptionskoeffizient α bei $\lambda = 290$ $\mu\mu$ ist von *Fabry* und *Buisson* der bei $\lambda = 210$ $\mu\mu$ von mir gemessen J' ist die Intensitat am Erdboden, falls nur *Ray leigh* sche Zerstreuung vorhanden ware Die Dicke der Ozonschicht ist gleich wie in § 7 angenommen

Tabelle IV

λ	$h \cdot 10^7$	$h \cdot \chi_0$	J_λ	J	α
290 $\mu\mu$	16 43	1 31?	67 4	18 1	16 6
210 „	69 85	5 58	13 1	0,049	11 5

Die Luftelektrizität der freien Atmosphäre

Von Prof. Dr. *A. Wigand*

---

1. *Einleitung*

Wie der radiotelegraphische Empfang durch die luftelektrischen Zustände und Vorgänge ungünstig oder günstig beeinflußt wird, so reagiert auch der menschliche und tierische Organismus deutlich merkbar auf luftelektrische Einflüsse. Wir wissen zwar darüber bis jetzt noch nicht viel mehr als die Tatsache an sich und besitzen nur einige Fingerzeige qualitativer Art für die Natur der hier waltenden physikalisch-physiologisch-psychischen Zusammenhänge. Aber es lohnt sich doch wohl schon, der künftigen Forschung hier Wege zu zeigen. Denn man hat alle Ursache, beispielsweise die Wetterreaktion von Rheumatikern, Ischiatikern und Schußverletzten, die Föhnkrankheit und auch die allgemeine Empfindung der Schwüle als luftelektrisch bedingt anzunehmen, ebenso wie auch die Ankündigung von Gewitterlage durch manche Tiere, z. B. Kröten.

Was wir von der Elektrizität der Atmosphäre heute wissen, läßt sich in einem einzigen Vortrage nicht einmal oberflächlich sagen. Ich will mich darauf beschränken, mit einigen Strichen im wesentlichen die Verhältnisse der *freien Atmosphäre* zu skizzieren, also die Luftelektrizität losgelöst von der Gebundenheit und den Störungen des Erdbodens. Das gibt ein Bild mit einfachern, reinern Zügen, geeigneter zur Erkenntnis der maßgebenden geophysikalischen und kosmischen Verknüpfungen, ähnlicher dem elektrischen Klima des Hochgebirges als des Tieflandes.

Die Kenntnis der Höhen-Luftelektrizität beruht teils auf Beobachtungen im Gebirge, vor allem aber auf Forschungen in *Luftfahrzeugen*, die uns in den beiden letzten Jahrzehnten einen luftelektrischen Ueberblick über die Troposphäre bis oberhalb 9 km Höhe gegeben haben, also über die für Wetter und Klima auch am Boden wesentlich maßgebende Luftschicht. Ich will kurz berichten über Meßverfahren und Ergebnisse dieser luftelektrischen Luftfahrten, die (nach frühern Vorversuchen) durch *Linke* und *Gerdien* von Göttingen aus im Freiballon entscheidend in Angriff genommen worden

sind, und die ich mit meinen Mitarbeitern[1]) von Halle aus im Freiballon Flugzeug und Luftschiff weiterfuhren und zu einem gewissen Abschluß bringen konnte

2 *Das Erdfeld*

In der Erdatmosphare besteht ein elektrostatisches Feld, vertikal gerichtet großen zeitlichen und ortlichen Aenderungen unterworfen Seine Starke wird angegeben durch das vertikale *Spannungsgefalle* in Volt/m Seine Ursachen sind zunachst die negative *Oberflachenladung der Erde* und sodann, gleich wichtig die *Raumladung der Luft* normalerweise positiv, in gestorten Fallen auch negativ Daß dieses Erdfeld nicht in kurzer Zeit durch die vertikalen elektrischen Strome der Atmosphare zum Verschwinden gebracht wird ist das noch ungeloste eigentliche luftelektrische Ratsel, man bezeichnet die *Aufrechterhaltung des Erdfeldes* als das *Grundproblem* der luftelektrischen Forschung

Das Erdfeld wird gemessen indem man den Spannungsunterschied eines Luftpunktes gegen Erde oder zweier Luftpunkte verschiedener Hohe gegeneinander feststellt Dazu sind *Sonden* (auch *Kollektoren* genannt) erforderlich die schnell und restlos das Potential der Luft an ihrem Orte annehmen, ferner ein geeignetes *Elektrometer* zur Messung des Spannungsunterschiedes Man bezieht dann mit der bekannten Entfernung der beiden Meßpunkte das Resultat auf den Hohenunterschied von 1 m und muß ferner fur die Absolutreduktion darauf Rucksicht nehmen, daß bei den Messungen das Erdfeld fur gewohnlich durch die unregelmaßige Gestaltung der Erdoberflache oder in der freien Atmosphare durch das Luftfahrzeug *deformiert* ist Beim nichtdeformierten Erdfeld uber der ebenen Erdoberflache oder in der freien Atmosphare fern vom Luftfahrzeug sind die Flachen gleichen Potentials *(Niveauflachen)* horizontale Ebenen, deren Abstand fur einen bestimmten Spannungsunterschied umgekehrt proportional dem Spannungsgefalle ist Eine Komplikation der Spannungsmessungen in der freien Atmosphare kann ferner durch eine etwaige Eigenladung des Luftfahrzeuges entstehen, die eine weitere Deformation der Niveauflachen bewirkt und fur deren Beseitigung oder gesonderte Berucksichtigung zu sorgen ist Die Deformation der Niveauflachen erfolgt durchaus gesetzmaßig nach der Potentialtheorie und bewirkt je nach Zusammendrangung oder Auflockerung der Flachen eine Erhohung oder Erniedrigung des Spannungsgefalles (Lichtbilder der Deformation des Erdfeldes durch Luftfahrzeuge nach Modellversuchen sowie des Meßverfahrens in Luftfahrzeugen und des gemessenen Vertikalverlaufs)

---

[1]) *G Lutze E Everling W Kolhorster H Koppe Wilhelm Muller T Schlomka F Wenk* und *J Wittenbecher*

Der normale Spannungszustand der Atmosphäre ist aus den folgenden Zahlen zu ersehen, die das gemittelte Ergebnis der Ballonmessungen von *Linke*, *Gerdien*, *Everling* und *Wigand* für wolkenfreies Wetter darstellen:

Seehöhe km	**Spannungsgefälle** Volt/m
9	4
6	6
3	15
1,5	25
0	100

Mit zunehmender Höhe nimmt das Spannungsgefälle ab, anfangs schnell, später langsamer. Nahe der obern Grenze der Troposphäre hat es also noch einen endlichen, wenn auch kleinen Wert. Ob darüber in der Stratosphäre der Wert 0 erreicht wird, kann nicht einmal vermutungsweise ausgesagt werden; für wahrscheinlich halte ich es nicht.

Der normale Vertikalverlauf des Spannungsgefälles kann sich im Zusammenhange mit der Wetterlage beträchtlich ändern, hauptsächlich am Boden und in den untern 1,5 Höhenkilometern, wo Dunst und Wolken, in besonders hohem Maße bei Gewitterlage, durch ihre Eigenladung starke *Störungen* hervorrufen, die bis zur Umkehr des Vorzeichens und zur Erreichung eines hohen Vielfachen des Normalwertes führen können. *Norinder* hat z. B. in 2 km Entfernung von Blitzen ein Spannungsgefälle von 100,000 Volt/m am Boden gemessen; am Orte des Blitzes ist noch das 20- bis 40fache hiervon anzunehmen.

Aber auch ohne solche meteorologischen Störungen zeigt der zeitliche Verlauf des Spannungsgefälles an einem Orte *Schwankungen*: regelmäßige kosmisch bedingte tägliche, jährliche und auch mehrjährige Perioden, ferner auch kurzzeitige, anscheinend unregelmäßige Schwankungen von der Dauer weniger Minuten oder Sekunden und auch Bruchsekunden. Zum Studium dieser *Feinstruktur des Spannungsgefälles*, das zuerst von mir mit *Lutze* in Angriff genommen wurde, braucht man sehr schnell wirkende Kollektoren, wie etwa den *Lutze*'schen Wasserkollektor mit Saug-Druck-Zerstäubung oder den von mir mit *Schlomka* im Flugzeuge entwickelten Radiothor-Kollektor, und ein registrierendes Elektrometer von geringster Kapazität. Die Kenntnis der Feinstruktur des Spannungsgefälles erscheint besonders aussichtsreich zur Aufklärung gewisser nervöser (wie auch radiotelegraphischer) Wirkungen der Luftelektrizität; denn nicht nur die Existenz eines elektrostatischen Feldes und seine absolute Größe führt (wie für den Wünschelrutengänger als sicher nachgewiesen) bei vorhandener Sensibilität zu einer nervösen Reaktion; auch die Feinstruktur dieses Feldes, der Grad seiner Unruhe, ist wahrscheinlich dabei wesentlich.

3. *Die Ionen*

Die *Raumladung* der Luft, die für den Vertikalverlauf des Spannungsgefälles wesentlich ist, beruht darauf, daß der *Gehalt an positiven und an negativen Ionen* in der Regel nicht gleich groß ist. Es überwiegt normalerweise die von den positiven Ionen getragene Ladung pro Volumeneinheit E_+ über die der negativen Ionen E_-, so daß die „Unipolarität" E_+/E_- größer als 1 wird und die überschüssige Raumladung eines Vorzeichens $(E_+ - E_-)$ positiv ist. Die Ursachen dieser Erscheinung sind noch nicht sicher bekannt. Nach dem Vertikalverlauf des Spannungsgefälles läßt sich berechnen, daß die positive Raumladung nach oben abnehmen muß. Den nicht seltenen Fall negativer Raumladung, wie er bei Wolkeneinfluß und Gewitterlage gefunden wird, sieht man als gestört an.

Der *Ionengehalt* E_+ und E_- hat im Tiefland und über dem Meere Werte von 0,2 bis 0,4 elektrostatischen CGS-Einheiten eines Vorzeichens im m³ und wächst im allgemeinen mit der Höhe, was Hochgebirgsversuche und die Ballonbeobachtungen von *Gerdien*, *Lüdeling*, *Lutz* und *Gockel* sowie die im Freiballon und Flugzeug ausgeführten Messungen von *Wigand* und *Koppe* ergeben haben. In den untersten Luftschichten wurde Konstanz oder auch Abnahme nach oben gefunden, von 1,5 bis 3 km Höhe Anwachsen auf ein Mehrfaches des Bodenwertes, darüber bis über 6 km Höhe langsamere Zunahme mit der Höhe.

Statt des Ionengehaltes gibt man oft auch die „Ionenzahl" in der Volumeneinheit an, indem man E dividiert durch die Elementarladung $e = 4{,}77 \times 10^{-10}$ elektrostatische CGS-Einheiten. Dann findet man beispielsweise für reine Luft im Tiefland und auf See 400—800 Ionen eines Vorzeichens in cm³. Ueber physiologische Beziehungen zur Ionenzahl liegen mehrere Untersuchungen vor, jedoch ohne bestimmte Ergebnisse.

Die *Beweglichkeit* der atmosphärischen Ionen im elektrischen Felde ist umgekehrt proportional dem Luftdruck und nimmt zu mit der Reinheit der Luft, so daß man mit wachsender Höhe zunehmende Ionenbeweglichkeit findet. In der untersten Luftschicht ist häufig eine besonders große, schwer bewegliche Ionenart (nach *Langevin* benannt) vorhanden, über deren luftelektrische Bedeutung man bis jetzt noch recht unvollkommen unterrichtet ist.

Das Produkt aus Ionengehalt und Beweglichkeit wird als *Leitfähigkeit* λ der Luft bezeichnet. Die Leitfähigkeit setzt sich additiv zusammen aus der auf den positiven und den negativen Ionen beruhenden $(\lambda = \lambda_+ + \lambda_-)$, in der Regel ist $\lambda_+ > \lambda_-$. Der normale Mittelwert für λ im Tiefland und über See ist 1 bis 2×10^{-4} elektrostatische CGS-Einheiten. Der Vertikalverlauf zeigt im allgemeinen Zunahme von λ mit der Höhe nach Hochgebirgs- und besonders Ballonmessungen (*Gerdien*, *Wigand* und *Koppe*), in der untersten Luftschicht langsame Zunahme mit der Höhe, gelegentlich auch schwache Ab-

nahme darüber beträchtliche Zunahme auf ein hohes Vielfaches des Bodenwertes ($\lambda = 27 \times 10^{-4}$ in 8 9 km Höhe nach *Wigand*)

Wie das Spannungsgefälle, so ist auch der Ionengehalt und die Leitfähigkeit beträchtlichen zeitlichen und örtlichen *Schwankungen* unterworfen, die besonders durch die meteorologischen Einflüsse bewirkt werden Bemerkenswert sind bei der Leitfähigkeit die regelmäßigen, kosmisch bedingten, täglichen und jährlichen *Perioden* die in großen Zügen den periodischen Schwankungen des Spannungsgefälles entgegengesetzt verlaufen, so daß man für das Produkt aus Spannungsgefälle und Leitfähigkeit (die *vertikale Leitungsstromdichte*) weitgehende zeitliche und auch örtliche Konstanz erhält Auch in seinem Vertikalverlauf bleibt dieser Vertikalstrom nach den Ballonversuchen in der gleichen Größenordnung wird jedoch anscheinend mit zunehmender Höhe kleiner Solche Berechnungen aus Leitfähigkeit und Spannungsgefälle ergeben übereinstimmend mit direkten Messungen im Mittel für die Stärke des vertikalen Leitungsstromes 6×10^{-7} elektrostatische CGS Einheiten, das sind 2×10^{-16} Amp /cm , eine im Hinblick auf die technische Verwendbarkeit recht kleine Zahl Außer durch diese Ionenleitung strömt auch noch durch Konvektion vertikal Elektrizität in der Atmosphäre, indem die Niederschläge und die vertikale Luftbewegung Ladungen transportieren

Das *Meßverfahren* für Ionengehalt und Leitfähigkeit benutzt in Luftfahrzeugen die ursprünglich von *Ebert* und *Gerdien* angegebenen und dann weiter ausgebildeten Apparate bei denen beobachtet wird wie die Ionen der Luft durch Zuwanderung die entgegengesetzte Ladung der inneren Stab-Elektrode eines Zylinderkondensators „zerstreuen" Beim „Ionen Zähler" muß man außerdem die Luftmenge messen, der die Ionen beim Entladungsvorgange vollständig entzogen werden Zu beachten ist, daß die Ionen Zähler des *Ebert*'schen Typus überwiegend nur die leichtbeweglichen („kleinen") Ionen zur Messung bringen (Lichtbilder der Apparate in Luftfahrzeugen sowie des gemessenen Vertikalverlaufs)

4 *Die Ionisatoren*

Der Zustand der atmosphärischen Ionisation ist ein stationäres Gleichgewicht zweier gegeneinander laufender Prozesse der Neubildung von Ionen durch *Ionisierung* der Luft und der Rückbildung neutraler Teilchen durch *Wiedervereinigung* entgegengesetzt geladener Ionen Im Gleichgewichtszustande werden in der gleichen Zeit ebensoviele Ionenpaare durch Ionisierung neu gebildet, wie durch Wiedervereinigung verschwinden

Von der *Wiedervereinigung* wissen wir in der freien Atmosphäre nichts Direktes, müssen aber annehmen, daß ihr Betrag mit zunehmender Höhe und Luftreinheit abnimmt, so daß ihre größten Werte in der dunsterfüllten bodennahen Luftschicht vorkommen

Hingegen sind wir über die *Stärke der Ionisierung* in der freien Atmosphäre gut unterrichtet und kennen die in der Troposphäre maßgebenden *Ionisatoren* und die Aenderung ihrer Wirkung mit der Höhe.

In geringer Höhe über dem Boden sind es vorwiegend die *radioaktiven Substanzen der Erde und der Luft*, welche durch ihre *Strahlungen* die Luft ionisieren und in der Sekunde rund 2 bis 3 Ionenpaare im cm³ neubilden. Bereits in wenigen 100 m Höhe über dem Boden wird die radioaktive Erdstrahlung infolge ihrer Absorption in der Luft verschwindend gering, und auch die Ionisierung durch die Strahlung der radioaktiven Substanzen der Luft nimmt schnell mit zunehmender Höhe ab. Maßgebend ist hier der *Gehalt der Luft an Radium-Emanation* und ihren Zerfallsprodukten, für dessen Aenderung mit der Höhe in der freien Atmosphäre sich aus Flugzeugversuchen von *Wigand* und *Wenk* folgende Werte ergeben haben:

Flug Nr.	Seehöhe m	RaEm-Gehalt Curie / 10^{18} cm³	Fehlergrenze ±	Wetterlage	Höhe der unteren Sperrschichtgrenze m
I	900	190	36	antizyklonal mit Randstörung	850
II	1150	228	32		800
	2350	0	15		
III	575	168	36	antizyklonal	(keine Sperrschicht)
	2300	24	14		
	3800	0	17		
IV	300	42	18	antizyklonal	1100
	350	24	26		
	1300	141	24		
V	350	426	63	zyklonal	800
	1450	28	14		
	2000	0	24		

Der Emanationsgehalt nimmt also schnell mit zunehmender Höhe ab bis auf einen kleinen Bruchteil des Gehalts am Boden. Die Schichtung der Atmosphäre ist dabei von wesentlichem Einfluß, weil durch sie der vertikale Luftaustausch und damit der Transport der Emanation vom Erdboden, von dem sie herstammt, in höhere Schichten bestimmt wird. Auch über dem Meere in Landferne ist, wie in größerer Höhe der freien Atmosphäre nur sehr wenig Radiumemanation in der Luft vorhanden.

Der Emanationsgehalt der Freiluft ist im Vergleich mit den Mengen der Emanationstherapie sehr gering. Ob er mit seinen Aenderungen, die auch am Boden erheblich sein können, merklich auf den Organismus wirkt, ist noch unentschieden.

Das Verfahren zur Bestimmung des Radiumemanationsgehalts der Luft beruht am besten auf Ausscheidung durch Abkühlung mit flüssigem Sauerstoff (Lichtbild der Flugzeug-Apparatur).

Für größere Höhen der Troposphäre ist der maßgebende Ionisator die *durchdringende Höhenstrahlung* die vom Kosmos oder der obern Erdatmosphäre her in die uns zugänglichen Luftschichten eindringt und wegen ihres außerordentlich großen Durchdringungsvermögens als eine γ-Strahlung angesehen wird. Sie ist im Freiballon von *Gockel* entdeckt und von *Heß* und *Kolhörster* quantitativ bis 9,3 km Höhe untersucht worden. Man mißt sie am besten mit einem ursprünglich von *Wulf* angegebenen Apparat, der aus einem geschlossenen Metallgefäß mit einem Elektrometer im Innern besteht.

Die Härte der Höhenstrahlung ist rund 10mal so groß wie die der härtesten γ-Strahlen der bekannten radioaktiven Substanzen. Noch am Erdboden im Tiefland nach Durchsetzung der gesamten Atmosphäre hat die Höhenstrahlung eine eben meßbare Stärke, mit der Höhe nimmt sie schnell zu.

Seehöhe (km)	a Stärke der Höhenstrahlung im geschlossenen Gefäss (Ionenpaare/cm^3 sec)	b Ionisierungswirkung der Höhenstrahlung in der Freiluft (Ionenpaare/cm^3 sec)
9,3	88	23,5
9	83	23
8	66	20,5
7	49	17
6	32	13
5	20	9,5
4	13	7
3	8	[illegible]
2	5	3,5
1	3	2
0	1,5	1

Die vorstehende Tabelle zeigt die Vertikalverteilung der im geschlossenen Gefäß mit Luft von Atmosphärendruck gemessenen Strahlungsstärke (a, nach den Freiballonbeobachtungen von *Kolhörster*) und der Ionisierungswirkung in der Freiluft (b), die ich entsprechend der Aenderung der Luftdichte aus der Strahlungsstärke (a) berechnet habe.

Während die Stärke der Höhenstrahlung in den untern Kilometern beschleunigt mit der Höhe und von 6 km an proportional der Höhe ansteigt, nimmt die Freiluft-Ionisierung durch die Höhenstrahlung zwar unten gleichfalls beschleunigt mit der Höhe zu, von 7 km an aber wächst sie immer langsamer mit der Höhe, so daß nach Ueberschreitung eines Maximums nahe oberhalb der Troposphäre für größere Höhen mit sehr kleiner Luftdichte eine Abnahme der Freiluftionisierung durch die Höhenstrahlung bis zu sehr kleinen Werten zu erwarten ist. Sollte also da oben, wie man nach radio-

telegraphischen Erfahrungen anzunehmen geneigt ist, die Luft hochgradig ionisiert sein (Heaviside-Schicht), so mußten andere Ionisatoren als die in der Troposphäre wirksamen dafür verantwortlich gemacht werden. Man denkt hier zunächst an die elektrischen Korpuskularstrahlen der Sonne, vielleicht auch an die ultraviolette Wellenstrahlung der Sonne, die aber, wie ich nachgewiesen habe, in der Troposphäre bis über 9 km Höhe keine kurzwelligeren, als Ionisator wirksameren Strahlen enthält als am Erdboden und daher, trotz beträchtlicher Intensitätszunahme mit der Höhe, für die Luftionisierung in der Troposphäre nicht merklich in Betracht kommen kann.

5. *Die Wolkenelektrizität*

Außer dem gewöhnlichen Luftion, dessen Substrat einige zusammengeballte Luftmolekeln sind, und dem großen *Langevin*-Ion, das ein geladenes Staub- oder Dunstteilchen ist, kommt ein noch größeres Ion in der Atmosphäre vor, nämlich das Wassertröpfchen oder Eiskriställchen des Nebels und der Wolken. Man weiß schon länger, daß die Wolkenelemente in der Regel elektrische Ladung besitzen, denn die Niederschläge sind geladen und führen die Wolkenelektrizität der Erdoberfläche zu, worüber zahlreiche und umfassende Beobachtungen aus verschiedenen Gegenden der Erde vorliegen. Ferner muß man auch daraus, daß das normale Spannungsgefälle im Bodennebel und in Wolken sowie in ihrer Nähe beträchtlich gestört ist, eine Ladung der Nebel- und Wolkenelemente folgern. Die Annahme einer solchen Ladung kann schließlich auch zur Erklärung der Beständigkeit der Wolken und zur vollständigen Angabe der Bedingungen für die Bildung von Niederschlag aus der Wolke nicht entbehrt werden, denn nach den Erfahrungen der Niederschlagsvorhersage reicht hier die Kenntnis der Feuchtigkeitsverhältnisse nicht aus, sondern es scheint, daß die Aufladung und Entladung der Wolkenelemente entscheidend mitwirkt.

Eine *direkte Messung der Ladung der Nebel- und Wolkenteilchen* in einem Kondensator hat wegen der geringen Beweglichkeit dieser Ionen seine Schwierigkeiten. Ich habe gemeinsam mit *Wittenbecher* solche Versuche in Angriff genommen, zunächst für *Bodennebel*, und wir finden bis jetzt, was schon nach den indirekten Anzeichen anzunehmen war, daß das einzelne Nebeltröpfchen in der Regel eine große Anzahl von Elementarladungen auf sich vereinigt; es kommen im Bodennebel Tröpfchen vor, die häufig mit einer Ladung von mehreren 100, mitunter auch über 1000 Elementarquanten versehen sind, meist sind diese Ladungen positiv. Dem gegenüber besitzt das gewöhnliche kleine Luftion nur eine einzige Elementarladung.

Die *Messung der Wolkenelektrizität* in der freien Atmosphäre kann bis jetzt nur *indirekt* und angenähert, aber für die Sicherheit

der Luftschiffahrt hinreichend genau dadurch geschehen, daß man das Potential der Wolke aus dem durch sie in einiger Entfernung gestörten Spannungsgefälle bestimmt. Den Weg hierzu hat früher *Linke* im Freiballon gezeigt. Nachdem ich mit *Schlomka* im Flugzeuge einen geeigneten Kollektor ausgebildet hatte, konnte ich im vorigen Jahre bei Probefahrten des Amerikaluftschiffes brauchbare Messungen dieser Art für Cumulus- und Stratuswolken ausführen.

Bei der *Gewitterwolke* erreicht bekanntlich das Wolkenpotential außerordentlich hohe Beträge. Wir können das aus den Dimensionen der Blitze und aus den gestörten Werten des Spannungsgefälles am Erdboden schließen. Die Entwicklung der Hochspannung einer Gewitterwolke geht parallel mit der morphologischen Entwicklung vom gewöhnlichen Cumulus über den Cumulus castellatus zum Cumulo-Nimbus (Lichtbilder). Nicht erst das Fallen von Niederschlägen, wie einige Hypothesen zur Erklärung der Gewitter-Elektrizität annehmen, schafft die besondern luftelektrischen Verhältnisse des Gewitters. Vielmehr sind bereits beim Bestehen einer *Gewitterdisposition*, d. h. bei der intensiven Aufwärtsbewegung der Luft und ihrer hoch hinaufreichenden starken Trübung sowie während der Ausbildung der später zum Gewitter führenden typischen Wolkenform, das Spannungsgefälle und auch die Höhenverteilung der Ionisation, insbesondere der freien Raumladung bis in große Höhen hinauf durchaus abnorm. Aber man weiß darüber wegen der experimentellen Schwierigkeit und Gefährlichkeit solcher Beobachtungen heute noch viel zu wenig, um eine überzeugende, widerspruchsfreie physikalische Erklärung der Entstehung der Gewitterelektrizität geben zu können.

6. Die Luftelektrizität als Klimaelement

Zum Schluß noch eine Bemerkung über die Luftelektrizität als *Klimaelement*. Wir können sagen, daß das elektrische Klima eines Ortes zunächst im wesentlichen durch die Seehöhe bedingt ist, und dürfen daher die Luftelektrizität der freien Atmosphäre auf das *Gebirge* übertragen, jedoch mit einigen Einschränkungen. Es überwiegt bei der Luftelektrizität (wie bei der Sonnenstrahlung) der *Höheneinfluß* den *Bodeneinfluß*. *Dorno*, *Gockel* u. A. haben das durch zahlreiche Messungen im Hochgebirge erwiesen. Bei andern Klimaelementen kann es umgekehrt sein, zum Beispiel beim Wind.

Die luftelektrischen Hauptelemente (Spannungsgefälle, Ionengehalt, Raumladung, Leitfähigkeit, Ionisierung) haben im Hochgebirge oft ähnliche Werte wie in gleicher Seehöhe der freien Atmosphäre. Sie werden vom Erdboden in so weit beeinflußt, als bei ihnen die Luftfeuchtigkeit sowie der Grad der Luftreinheit auf die Wiedervereinigung und Beweglichkeit der Ionen einwirken und die radioaktiven Substanzen des Bodens sowie der bodennahen Luft noch

neben der in der Hohe starkern durchdringenden Hohenstrahlung als Ionisatoren eine Rolle spielen Auch ist die luftelektrische Wirkung der Niederschlage am Erdboden beachtenswert

Das elektrische Klima des Hochgebirges zeichnet sich vor dem des Tieflandes aus durch kleineres Spannungsgefalle, großern Ionengehalt hohere Leitfahigkeit und starkere Ionisierung, es ist zwar wesentlich anders, aber keineswegs weniger kompliziert Erst mit der Loslosung vom Boden auch in der Hohe finden wir die einfachern luftelektrischen Verhaltnisse der freien Atmosphare, die einen geeigneten Weg darstellen zur Erkenntnis auch der verwickeltern Bodenverhaltnisse in verschiedenen Hohen

Rapport sur les recherches d'electricite atmospherique et des radiations solaires et celestes faites dans l'Observatoire de montagne a Sestola Cimone (Appenin Modenals)

Professore *Palazzo* Roma

L'Observatoire metéorologique de la Station climatique de Sestola est situe a 1090 metres sur le niveau de la mer dans l Appenin Modenais il a son siege dans un vieux fort qui couronne la cime d un col detache du groupe du Cimone et il domine pour les $^3/_4$ de l horizon tous les monts voisins

L Observatoire maintenant dedie a la memoire de Pierre Tacchini, est d institution gouvernementale et depend du Ministere de l'Economie Nationale Comme succursale de l'Observatoire de Sestola on entretient egalement une vedette meteorologique speciale tout a fait sur le sommet isole du Mont Cimone, a 2160 metres sur le niveau de la mer

Dans l'Observatoire de Sestola on fait depuis plus de trente ans, les observations meteorologiques ordinaires aux heures termes et de plus on fait a Sestola et quand cela est possible aussi sur le Cimone, des observations météorologiques speciales horaires dans les jours établ s par la Commission Internationale pour les lancements aerologiques simultanés

Mais, en plus que d'accomplir la tache generale des observations de pure meteorologie, l Observatoire de Sestola a servi, en raison de sa position et de son altitude elevee, a de nombreuses recherches de la physique de l'air dues particulierement a l'oeuvre des professeurs Chistoni et Pacini

Le prof Chistoni, qui auparavant etait a l Universite de Modene et passa ensuite a celle de Naples, sejournait d habitude pendant l'eté pres de l'Observatoire de Sestola et il y a fait une longue serie de mesures systématiques de la radiation thermique du soleil avec le pyréliometre a compensation d'Angstrom Mr Videmari qui a dirige cet Observatoire pendant beaucoup d'annees a aussi prete sa collaboration dans ces mesures

Pendant l'ete 1908 le prof Pacini, geophysicien de l'Office Royal Central Meteorologique de Rome fut envoye en mission a Sestola, ou il initia es travaux, fort apprecies, d electricité atmospherique avec une premiere etude sur la radiation penetrante[1])

En 1909 le même Auteur institua, a Sestola des mesures sur la radio activite de l'atmosphere[2]) qui permirent d etablir, pour la saison d ete les variations locales de la radio activite totale induite avec les elements meteorologiques et de plus les changements du rapport entre l induction du radium et celle du torium en connexion principalement avec les variations de la pression barometrique et de la direction du vent Ainsi, par exemple, il fut observe a Sestola que les vents de caractere ciclonique descendants des hautes montagnes du S W sur la station, determinent dans l air une augmentation dans la quantite relative des produits du radium, tandis que ceux provenant des vallees et de la plaine du Po apportent une augmentation dans la quantite des produits du torium

Par l oeuvre du prof Pacini, on a effectue a Sestola (et toujours pendant la saison d ete) de mesures soignees de spectrophotometrie celeste Deux publications bien connues de M Pacini se referent a ces recherches Dans l'une[3]) sur le bleu du ciel et la constante de Avogadro le prof Pacini pour la premiere fois est parvenu a une valeur de la constante de Avogadro qui, tout en devant se considerer comme un minimum, est toutefois assez proche de celle desormais etablie par des voies completement differentes

Dans l autre publication[4]) l Auteur recherche quelles variations interviennent dans la distribution de l'intensité lumineuse dans le spectre de la lumiere du ciel, par la variation de la nebulosite

Enfin pendant les vacances de 1922 a 1924 le prof Pacini a institue dans cet Observatoire de montagne des recherches sur le courant electrique vertical[5]) Les observations qu il a faites, l'ont conduit a une explication tres probable des variations connues du champ et du courant vertical par effet de la brume ou du brouillard Dans ces variations entrent ient essentiellement en action les gros ions positifs, qui se trouvent toujours en grand exces sur les sommets des montagnes D apres l auteur, cette fonction des ions positifs peut s etendre du moins partiellement, a donner l explication du phénomene analogue observe aussi dans les plaines

Mais si ces travaux ont de l importance comme recherches originelles de géophysique, ils en ont évidemment moins pour les fins

---

[1]) *Pacini Sulle radiazioni penetranti* Rend Lincei Vol XVIII 1909

[2]) *Pacini Sui prodotti del radio et del torio nell atmosfera* Nuovo Cimento Vol XIX 1910

[3]) *Pacini Il blu del cielo e la costante d Avogadro* Nuovo Cimento Vol X 1915 1910

[4]) *Pacini, Studio spettrofotometrico della luce del cielo* Mem Spettroscopisti Vol VIII 1919

[5]) *Pacini Osservazioni sulla corrente verticale di conduzione atmosfera erra* Rend Lincei 1925

de la climatologie, pour lesquels il y a la necessite de longues et systematiques observations, comme celles si admirablement conduites dans l'Observatoire physique meteorologique de Davos sous la direction habile et savante du prof Dorno

Nous nous proposons maitenant de faire en Italie quelque chose de semblable au moins pour ce qui concerne la radiation solaire thermique et celle ultraviolette, mais bien qu'en se limitant aux observations les plus simples, je pense que la difficulte la plus grande a ce propos est celle de la nécessite que ces observations soient continuellement surveillees par le physicien qui les a instituées et qui devra les interpréter Si l'Institut de Davos est devenu le mieux outillé et le plus accrédite de l'Europe dans tout cet ordre de recherches geophysiques, cela est dû, sans doute, a la présence constante et a l oeuvre infatigable d'un physicien excellent comme le prof Dorno

---

Le variazioni periodiche della temperatura nel clima di montagna

Prof F *Eredia*, Roma

Il prof Hellmann vi ha parlato degli estremi che raggiungono alcuni elementi meteorologici e dai quali risulta la grande facolta del nostro organismo ad adattarsi a valori molto diversi

E specialmente cio e da tenere presente per la temperatura le cui influenze sul nostro organismo sono ancora piu dirette

Voglio ora fermare la nostra atttenzione sulle variazioni che avvengono con una certa frequenza e che pertanto potrebbero chiamarsi variazioni periodiche E in particolar modo di quelle relative alla temperatura dell'aria La curva rappresentatrice dell'andamento mensile della temperatura dell'aria presenta spesso delle irregolarita, delle oscillazioni della cui entita sulla definizione del clima ordinariamente non si tiene conto Cosi pure se seguiamo l'escursione diurna per i singoli giorni di un mese, si constata in alcune epoche dell anno una grande variabilita che non viene a sua volta segnalata nella definizione del clima Pur trascurando le grandi variazioni che occasionalmente si verificano e come tali non possono prendersi in esame per definire il clima di una localita, ritengo che non possiamo trascurare tutte quelle variazioni che si ripetono con sufficiente frequenza e che per se stesse contribuiscono a formare l'ambiente climatico

Queste variazioni ben possono determinarsi a mezzo delle curve di frequenza i cui valori vengono ottenuti contando il numero delle volte che furono constatate variazioni mensili e variazioni diurne comprese tra dati limiti e variabili da caso a caso

Cosi per il Lazio di cui ho considerato i dati termometrici rilevati in un decennio a Roma (m 54) a Frascati, Mondragone, (m 435) e a Rocca di Papa (m 760) Monte Cavo (m 980) ho adoperato i seguenti aggruppamenti Per la variazione della temperatura media diurna

inferiore a 1° tra 1° e 2° tra 2° e 4° e superiore a 4°,

per la variazione diurna, ossia per l'escursione, ho adoperato questi altri aggruppamenti

inferiore a 2°, tra 2° e 4°, tra 4 e 6° e superiore a 6°

Per il versante orientale della Sicilia sottoposto al monte Etna, ho considerato i dati di un decennio relativi alle seguenti località

Catania (68), Nicolosi (700), Cantoniera (1887), Osservatorio Eteo (2990) Ed ho impiegato tanto per la variazione della temperatura media diurna quanto per la escursione i medesimi raggruppamenti

inferiore a 2°, da 2° a 4°, de 4°, 6° tra 6° e 8° e superiore a 8°

I risultati a cui si è pervenuto sono i seguenti

Per il Lazio si ha

in inverno massime variazioni della temperatura del giorno e minime variazioni dell'escursione a Roma

A Frascati minime variazioni della temperatura del giorno e dell escursione

A Rocca di Papa invece minime variazioni della temperatura del giorno e massimi valori dell escursione

Nell estate avviene il contrario e cioè a Roma minime variazioni della temperatura del giorno e massime escursioni, mentre le ottime condizioni constatate in inverno a Frascati si trovano a Rocca di Papa, cioè abbiamo quivi minimi valori tanto nella variazione diurna della temperatura quanto nell'escursione

In Sicilia avviene qualche cosa di analogo e cioè il livello delle minime variazioni della temperatura del giorno e delle escursioni si eleva no portandosi dall' altitudine di 700 m a cui si trova nell'inverno a quella di 1887 m nell'estate

Se noi quindi vogliamo sottoporre gli organismi malati a quelle variazioni termiche che il medico ritiene più opportune possiamo avvalerci degli anzidetti elementi per ottenere le condizioni ottime di soggiorno

I numeri che illustrano le condizioni anzidette mostrano la grande importanza pratica della costruzione delle curve di frequenza tanto della temperatura media del giorno quanto della escursione E se tali ricerche fossero condotte in altri luoghi, potremo raccogliere molti elementi atti a meglio definire il clima di collina e il clima di montagna, che termicamente acquista caratteri ben diversi a seconda dell orografia della regione in esame

Demonstration des bimetallischen Kompensations-pyrheliometers [1])

Von Dr *Leo Wenzel Pollak* Privatdozenten der deutschen Universitat in Prag

Die bisher im Gebrauch befindlichen bimetallischen Aktinometer nach *Michelson Marten* messen wie wohl als allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf mit einem Mikroskop die Verbiegung einer geschwarzten bimetallischen Lamelle unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung Sie sind fur die Meteorologie und Klimatologie der Sonnenstrahlung, trotzdem sie nur Relativwerte geben, unentbehrlich geworden da ihre Empfindlichkeit bei gleicher Einfachheit der Konstruktion bisher nicht uberboten werden konnte

Der Nachteil der bimetallischen Aktinometer ist der, daß sie von Zeit zu Zeit durch Apparate nach *Abbot* oder *Angstrom* geeicht werden mussen

Es sei zugegeben daß bei entsprechend vorsichtiger Behandlung die Unsicherheit in der Konstanz des Skalenwertes sehr klein gehalten werden kann und die Ermittlung des Eichfaktors fur ein festes Observatorium mit einem Normal Instrument etwa nach *Angstrom* das Ideal bleiben wird

Es wird aber wohl kaum in Abrede gestellt werden konnen daß ein vorsichtiger Forscher auf einer großeren Reise entweder drei gut verglichene *Michelson Instrumente* oder zwei *Michelson* und ein Standard Instrument mitnehmen wird

Da mir kein *Angstrom Instrument* fur eine beabsichtigte großere Seereise zur Verfugung stand faßte ich den Gedanken das bimetallische Aktinometer so abzuandern daß ich seinen Eichfaktor ohne Zuhilfenahme eines Normal Instrumentes standig unter Kontrolle halten kann

Um Mißverstandnissen vorzubeugen betone ich daß alle meine am bimetallischen Aktinometer angebrachten Aenderungen lediglich den Zweck verfolgen dasselbe fur Reisen vornehmlich zur See und in der Luft meinen etwas ungeschickten Handen anzupassen

An der Hand dieses Versuchsmodelles will ich nun die von mir vorgenommenen Aenderungen besprechen

1 Das Kupfergehause wurde betrachtlich großer gemacht Es besteht aus drei Teilen dem inneren Kupfermantel einer Korkhulle und einem hochglanzpolierten Blechgehause

2 Der Hohenkreis wurde vergroßert und seine Ablesung kann mit Nonius auf ein Zehntel Winkelgrad vorgenommen werden Sowohl in der

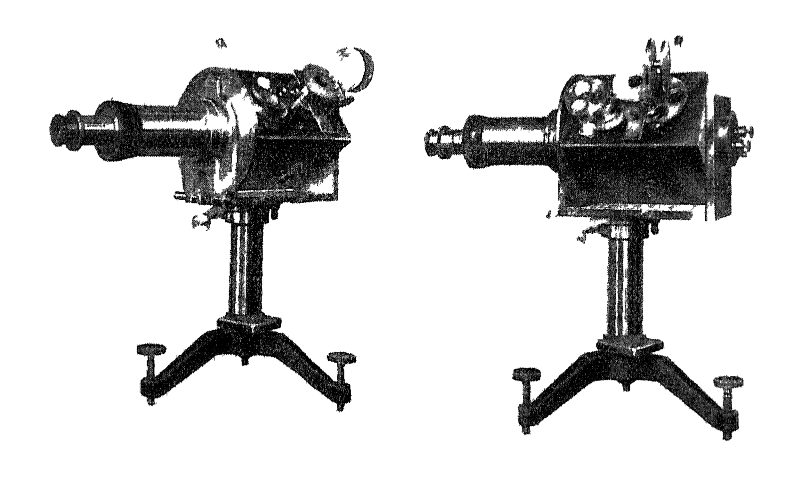
---

1) Meteorol Zeitschr 1925 Heft 5 Zeitschr f Instrumentenk 45 S 247—248 1925

Höhe als auch im Azimut ist Feinbewegung vorgesehen. Statt der Dosen-Libelle wurde das bimetallische Kompensations-Pyrheliometer mit einer Kreuz-Libelle ausgestattet. Das Innere des Gehäuses (Mantels) ist von zwei Seiten zugänglich, damit thermometrische Körper eingeführt werden können.

3. Bei meinen Messungen mit dem *Michelson-Marten*schen Instrumente empfand ich es besonders schwierig, den Sucher scharf einzustellen. Dieser Sucher, den ich bei meinem Instrumente nur als Grobsucher verwende, ist für eine Seereise bei schwankendem Schiffe überhaupt unbrauchbar und hat weiter den Nachteil, daß der Beobachter das Auge vom Okular des Mikroskopes entfernen muß, um die bestrahlte bimetallische Lamelle gegen die Sonnenstrahlen richtig zu orientieren. Die schärfste Einstellung des Suchers bei jeder Einzelmessung ist unerläßlich, wenn man nicht gleich um viele Prozente falsche Werte gegenüber der Eichung, die ja in vollster Muße vorgenommen werden kann, erhalten will.

Ich habe deshalb einen Sucher *im* Okular des Mikroskopes anzubringen versucht. Dieser Sucher verwendet einen Teil des bisher ausschließlich zur Beleuchtung des festen Spiegels bzw. Spinnwebfadens und Skala benutzten Lichtes. Seinen Objektiv-Bestandteil zeigt die Abbildung[1]).



Durch eine nach allen Richtungen mit Mikrometerschraube und Nonius verschiebbare unter 45 Grad geneigte spiegelnde, jedoch unbelegte Glasplatte wird das winzige Sonnenbild neben die zur Intensitätsmessung der Sonnenstrahlung erforderliche Skala geworfen und in der Mitte einer kreisförmigen Marke sichtbar. Ein Revolver mit Milchgläsern verschiedener Trübung und ein im Strahlengang eingeschaltetes Rauchglas sorgen für entsprechend regulierbare Schwächung der Lichtstrahle dieses Sonnenbildchens. Die Justierung des neuen Suchers erfolgt ebenso wie die des

[1]) Versuchsmodell von *L. W. Pollak*s bimetallischem Kompensationspyrheliometer, hergestellt von der optisch-mechanischen Werkstätte Sib & Stys in Prag.

alten mit der Sonne auf das Maximum des Ausschlages der sehr empfindlichen Lamelle

Im übrigen wird der Ortulaisucher bei dem in Arbeit befindlichen zweiten vollständig umgebauten und handlicheren Instrumente anders konstruiert sein

4 Den früher genannten Nachteil des bimetallischen Aktinometers nach *Michelson Marten* nämlich daß sein Eichfaktor auf Reisen nicht ständig in *einfacher* Weise kontrollierbar ist sucht das bimetallische Kompensations Pyrheliometer dadurch zu beseitigen daß *eine elektrisch heizbare bimetallische Lamelle Verwendung findet*

Statt der bisher benutzten bimetallischen Lamelle wird ein in der Mitte teilweise geschlitzter bimetallischer Streifen verwendet dessen Enden zu elektrischen Kontakten führen Dadurch ist es möglich einen elektrischen Strom durch die Lamelle zu schicken und die Prüfung des Eichfaktors beliebig oft und ohne Standard Instrument vorzunehmen

Die Heizung erfolgt am besten mit einem kleinen Akkumulator im Notfall mit dem unter guter Kontrolle zu haltenden Starkstrom der Lichtleitung der mit Ladestöpsel und Vorschalt Widerstand ohne weiteres verwendbar ist Der Strom wird mit irgend einem empfindlichen Amperemeter gemessen

Auf einer Reise erspart man dadurch die Mitnahme des kostbaren *Angström*schen Instrumentes und *eines* Strommeßgerätes Ueberdies bestreitet ein einziger Beobachter die Prüfung des Eichfaktors die auch zur Abendzeit in gleichmäßig temperiertem Wohnzimmer oder der Schiffskabine bei vollkommener Luftruhe vorgenommen werden kann

Bei der Konstruktion des Lamellenhalters wurde darauf Bedacht genommen daß die Auswechselung von Reserve Lamellen einfach verläßlich und rasch vorgenommen werden kann Die numerierten und zuhause geeichten Lamellen können in präzisester Weise in den Lamellenhalter eingesetzt werden Eine Kontrolle mit dem Kompensationsstrom überzeugt den Beobachter nach einem Wechsel der Lamelle von der Unversehrtheit des Eichfaktors der eingeführten neuen Lamelle Der Lamellenhalter wird nicht mit Schraube sondern mit Exzenter bewegt was den Vorteil bietet daß eine Beschädigung der Lamellen Faden ausgeschlossen ist

Statt der im *Marten*schen Instrument verwendeten Glasfaden werden unzerbrechliche imprägnierte Bambus bzw Celluloid Faden benutzt Bambus ist spezifisch leichter als Glas die Faden können daher entsprechend stärker gehalten werden Das schon erwähnte zweite Modell wird überhaupt keine Verlängerung der Lamelle durch Faden benötigen

Das Lamellen Material erhielt ich nachdem mir Herr Prof *Marten* in Potsdam dankenswerterweise seine Bezugsquelle genannt hat von der Vakuum Schmelze *Heraus* in Hanau a Main Die Dicke der Lamelle variiert zwischen 0 04 bis 0 05 Millimeter

Ich muß noch die mögliche Ableitung von Wärme durch die Stromklemmen und einen eventl dadurch erzeugten Rand Effekt hervorheben

Zunächst möchte ich erwähnen daß auch das Original Instrument *Michelsons* wie eine Zeichnung desselben mich gelehrt hat einen Lamellen Halter aus Metall benutzt der mit dem Gehäuse in wärmeleitender Verbindung steht Ob bei den Instrumenten Prof *Martens* die von *Schulze* in Potsdam erzeugt werden die Sache anders ist kann ich nicht sagen Bei meinem Instrumente sitzt die Lamelle auf Hartgummi und es wird vorgesorgt werden daß die jetzt ganz kleinen Kontakte der Stromzuleitungen beim nächsten Modelle für die Messung der Sonnenstrahlung abhebbar gemacht werden Auch der eventl Einfluß der Klemmen wird so leicht feststellbar sein

Eine an mich gerichtete Frage bestimmt mich zu erklären daß sowohl die Konzeption als auch die Durchführung der eben beschriebenen Konstruktion des bimetallischen Kompensations Pyrheliometers unter

keinerlei Beihilfe des derzeit in Prag lebenden russischen Meteorologen *F. Volsin* entstanden ist. Im Gegenteil, er hat es, wenigstens mir gegenüber, abgelehnt, eine Reihe der früher genannten Neuerungen auch nur versuchsweise an einem der von ihm erzeugten *Michelson-Marten*'schen Instrumente anzubringen.

Zusammenfassend möchte ich hervorheben, daß mein bimetallisches Kompensationspyrheliometer jederzeit als *einfaches Michelson-Marten*'sches Instrument verwendet werden kann, dabei aber die Möglichkeit gegeben ist, den Eichfaktor ständig durch *Selbsteichung* unter Kontrolle zu halten und die Senkrechtstellung der Lamelle präziser als bisher durchzuführen.

Verdunstungsmessungen an freien Wasserflachen im Hochgebirge

Von Dr *J Maurer* Direktor der eidgen meteorolog Zentralanstalt, und Oberingenieur *O Lutschg*

Die Kenntnis der Verdunstungsgroße freier Wasserflachen, insbesondere von Seen, ist fur den Hydrotechniker wie fur den Meteorologen und Hygieniker von Bedeutung Fur die tiefern Lagen ist die Aufgabe der Verdunstungsmessung in den letzten Jahrzehnten an freien Gewassern bedeutend gefordert worden, wobei die Verdunstungsgroße meist an einem in das Gewasser eingetauchten Gefaß gemessen worden ist Wir nennen an dieser Stelle nur die bedeutende, von der preußischen Landesanstalt fur Gewasserkunde publizierte Arbeit [1]) uber die auf dem Grimnitzsee in der Uckermark veranstalteten Versuche

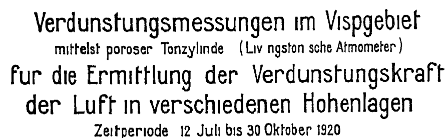
Fur das *Hochgebirge* fehlten Verdunstungsmessungen, ausgefuhrt an kleinern und großern Wasserflachen, bis jetzt ganzlich Im Anschluß an die von uns in den Jahren 1911 und 1912 begonnenen Vorversuche, die Große der Verdunstung freier Wasserflachen an einzelnen nordalpinen Seen durch eine direkte hydrometrische Vermessung festzustellen, nahm das eidgen Amt fur Wasserwirtschaft dieses wichtige meteorologisch hydrologische Problem fur die Zone des Hochgebirges in ausgedehnterem Maße auf und stellte die notigen Krafte und finanziellen Mittel dafur bereit

Schon von Anfang an nahm auch der eine der Referenten (*J Maurer*) regen Anteil an der Weiterfuhrung dieser Arbeit, die seit 1915 unter der kundigsten Leitung des Oberingenieurs *Otto Lutschg* gestanden hat, der seit 1924 der meteorologischen Zentralanstalt als sehr willkommener Mitarbeiter im Fach der Hydrologie zugeteilt ist

Wer je mit einer hydrometrischen Vermessung sich beschaftigt hat die den Zweck verfolgt, aus Zu Abfluß und Wasserspiegel-

1) *Bindemann H* Die Verdunstungsmessungen der Preußischen Landesanstalt fur Gewasserkunde auf und an dem Grimnitzsee und am Werbellinsee bei Joachimsthal in der Uckermark Jahrbuch fur die Gewasserkunde Norddeutschlands Besondere Mitteilungen Bd 3 Nr 3 Berlin 1921

schwankung die totale Verdunstung eines Sees zu ermitteln, weiß zur Genuge, mit welchen Hindernissen dies verbunden ist, auch eignen sich nur wenige Seen dazu Die vorgenannten Messungen ausgefuhrt an den hochgelegenen Simplonseen, stehen in dieser Hinsicht wohl einzig da Auch das amerikanische Hochgebirge kennt sie bis zur



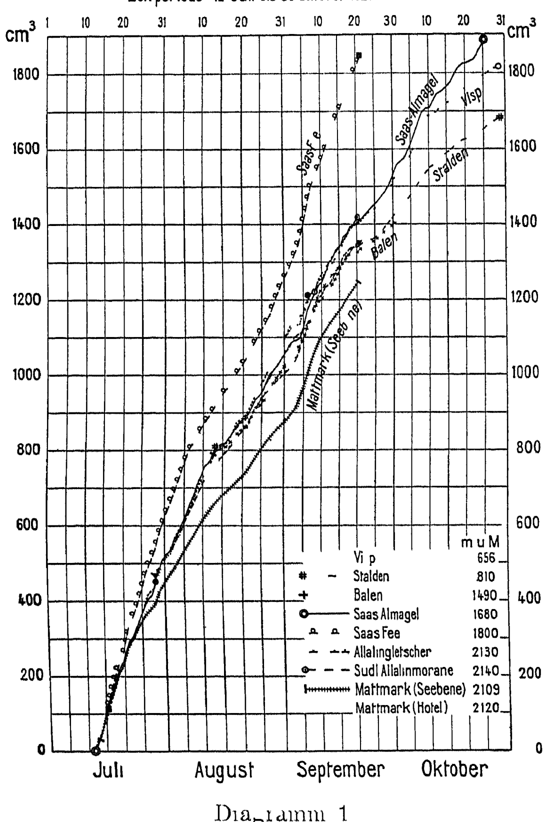


Diagramm 1

Stunde nicht Einen Einblick in die erhaltenen reichen Ergebnisse ge wahrt eine besondere Publikation in der „Schweiz Wasserwirtschaft“ (1924/25), auf die wir an erster Stelle hier verweisen Dem gefl Ent gegenkommen der Redaktionskommission verdanken wir die Moglich keit, unsere Fachkollegen auch an dieser Stelle durch einen gedrangten Auszug mit den Resultaten der großen Arbeit bekannt zu machen

Die Messungen begannen im Jahre 1915 und wurden zuerst mittels offener kreisförmiger Gefäße aus Zinkblech von 30 und 50 cm Durchmesser und Tiefe sowie mittels poröser Tonzylinder (*Living ston*'sche Atmometer) und Schalen aus Glas von 24 und 28 cm Durchmesser und 8 cm Tiefe im obern Saastal (Vispgebiet Wallis) aufgenommen. Die Messungen mittels der erwähnten Zinkgefäße erfolgten zuerst am Mattmarksee (Sommer 1915 und 1916) in einer Höhenlage von rund 2100 m über Meer.

Die Vorversuche mittels poröser Tonzylinder und Glasschalen in verschiedenen Höhenlagen des Saastales (vom 12. Juli bis 26. Oktober 1920) erfolgten in Visp (656 m über Meer), Stalden (810 m), Balen



Fig. 2

Hopschensee am Simplonpaß (2017,5 m ü. M.) von Süden gesehen

(1490 m), Almagel (1680 m), Saas Fee (1800 m), Mattmark-Ebene (2109 m), Hotel Mattmark (2120 m) sowie am Allalingletscher (2130 m).

Aus den Versuchen mit Zinkgefäßen am Mattmarksee (Sommer 1915) ergaben sich pro 24 Stunden Werte der Verdunstungsgrößen, die zwischen 6,2 und 2,0 mm schwankten, je nach der Wetterlage. Der Höchstwert von 6,2 mm entspricht einer warmen, durchaus heitern, von leichten Nordwinden begleiteten Witterungsperiode.

Aus den Versuchen vom Sommer 1916 am Mattmarksee ergaben sich pro 24 Stunden im Juli und August Werte der Verdunstung, die sich innerhalb der Grenzen von 1,6 bis 3,4 mm bewegten.

Ueber die Ergebnisse mittels poroser Tonzylinder und Schalen aus Glas in den schon erwahnten verschiedensten Hohenlagen des Saastales (Vispgebiet Wallis) verweisen wir gern auf die Original arbeit Unser Diagramm 1 gibt einen graphischen Ueberblick uber die Resultate der zuletzt erwahnten Messungen in der Zeitperiode vom 12 Juli bis 30 Oktober 1920

Samtliche Versuche waren stets begleitet von regelmaßigen Beobachtungen der hauptsachlichen meteorlogischen Elemente, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit usw

Die Hauptserien der Versuche wurden sodann im Gebiet der *Simplonpaßhohe* ausgefuhrt (Abbildungen 2 und 3) Die Verdun



Fig 3

Hopschensee am Simplonpaß 2017 5 m u M von Norden gesehen

stungsmessungen auf dem Simplonkulm erfolgten am Hopschensee, westlich der Simplonpaßhohe (2017 m uber Meer) ferner an den Niederalpseen, am Westfuße des Hubschhorns (2050 und 2130 m) und an den Neuhuttenseen oberhalb Hopschen am Ostfuß des Schienhorns (2187 m), in der Zeit vom 25 Juli bis 23 Oktober 1921

Wahrend die Verdunstungsversuche am Mattmarksee mittels in den See eingetauchter Blechgefaße und die Messung der Verdunstungsgroße mittels des Abstichverfahrens ausgefuhrt wurden erfolgte nun die Ermittlung der Verdunstungsgroßen des Hopschensees auf Simplonkulm in hydrometrischer Art, wie fruher, 1911 und 1912, an den nordalpinen Seen Greifen und Zurichsee Zuger- und Aegeri

See. Dabei wurde festgestellt: 1. die dem See zuströmende Wassermenge, 2. die aus dem See abfließende Wassermenge, 3. die Seespiegelschwankung und 4. die auf die Seefläche entfallende Regenmenge. Parallel mit den Verdunstungsmessungen am Hopschensee kamen ferner auf der Hopschenwiese, zunächst des Sees und an dessen Ufer auch Verdunstungsmessungen mittels Glasschalen und *Livingston*schen Tonzylinderflaschen zur Ausführung. Für die Messung der Lufttemperatur und der Feuchtigkeit benutzte man in Hopschen an geeigneter Lage Thermographen und Präzisionsthermometer, Hygrographen und gut geeichte Hygrometer. Zur Messung der Windgeschwindigkeit diente ein sorgfältig geprüfter Windflügel. Die Regenmenge wurde mit Hilfe eines *Hellmann* Regenmessers (16 cm) gemessen, der zunächst westlich des Hopschensees seine Aufstellung erhielt. Die Höhe des Seeniveaus wurde nach dem Abstichverfahren auf peinlich genaue Weise ermittelt. Um den Genauigkeitsgrad der Einzelbeobachtungen zu erhöhen, sind die Resultate der täglich gemessenen Seespiegeländerungen einer Ausgleichung unterworfen worden. Die totale Untersuchungsperiode vom 25. Juli bis 23. Oktober 1921 läßt sich in vier verschiedene Einzelperioden zerlegen, nämlich in 1. eine Trockenperiode vom 25. Juli bis 10. August (16 Tage), 2. eine nasse Periode mit viel Regen vom 10. bis 25. August (15 Tage), 3. eine feuchte Periode mit zeitweisem Regen vom 25. August bis 23. September (29 Tage) und 4. eine zweite Trockenperiode vom 23. September bis 23. Oktober (30 Tage). Die Ergebnisse sind übersichtlich in den nachstehenden beiden Tabellen 1 und 2 enthalten. Die Abbildung 4 gibt überdies betreffend Größe und Verlauf der Verdunstung, der Oberflächentemperaturen des Hopschensees, der Lufttemperaturen, der Luftfeuchtigkeit und des Sättigungsfehlbetrages Auskunft.

Hopschensee westlich der Simplonpaßhöhe 2017 m ü. M.
Mittlere Windstärke, Mittlere Wassertemperatur, Niederschlag, Verdunstung.

I. Zusammenstellung nach Monaten geordnet.

Monate 1921	Mittl. Windstärke m/sec	Wassertemperatur¹)	Niederschlagshöhe mm	Seeverdunstung in mm Total	Maxima	Minima
25. Juli bis 1. August (7 Tage) ²)	ca. 2 9	18 0°	0 4	29 0 pro Tag 4 1	4 7 28./29. VII	3 1 29./30. VII
1. Aug. bis 1. Sept. (31 Tage)	3 1	13 3°	146 3	73 5 [illegible]	7 7 6./7. VIII	0 2 0/21 VIII
1. Sept. bis 1. Okt. (30 Tage)	2 7	12 2°	63 9	54 5 1 8	3 7 9./10. IX	0 35 [illegible] IX
1.—30. Okt. (22 Tage)	2 45	9 2°	0 0	41 3 1 9	3 4 8./9. u. 9./10. X	0 9 6./7. X

¹) Mittelwerte aus den Morgen- und Abendbeobachtungen.
²) 25. Juli 8 h bis 1. August 8 h.

II Zusammenstellung nach Perioden geordnet

Periode 1921	Mittl Windstarke m/sec	Wassertemperatur[1])	Niederschlagshohe mm	Seeverdunstung in mm Total	Maxima	Minima
I Trockene Periode vom 25 Juli bis 10 Aug (16 Tg)	2 9	17 3°	3 1	70 7 p (Tag / 4	7 7 6 /7 VIII	1 7 3 /7 VIII
II Nasse Periode vom 10—25 Aug (15 Tage)	3 5	12 0°	143 6	18 1 1	2 15 10 /11 1 1 / VIII	0 2 0 / 1 VIII
III Feuchte Periode vom 25 Aug bis 23 Sept (29 Tg)	2 8	12 2°	63 9	53 5 1 8	3 75 9 /10 VIII	0 35 / IX
IV Trockene Periode vom 23 Sept bis 23 Okt (30 Tg)	2 4	9 9°	0 0	56 0 1 9	3 4 8 /9 u 9 /10 X	0 9 6 /7 X
Ganze Periode 25 Juli bis 23 Oktober (90 Tage)	2 8	12 3°	210 6	198 3	7 7 (/7 VIII	0 2 0 / 1 VIII

Hopschensee westlich der Simplonpaßhohe 2017 m ü M 25 Juli bis 23 Oktober 1921

Ergebnisse der Verdunstungsmessungen mittels der Tonzylinder und Glasschalen und derjenigen am Hopschensee

III Zusammenstellung der Ergebnisse nach Monaten geordnet[3])
(Monatssummen und Mittelwerte pro Tag in mm)

Monate 1921	Toncylinder			Glasschalen				Seeverdunstung	Temperatur	
	Freie Station	See Ost	See West	Freie Station Große Schale	Freie Station Kleine Schale	Gedeckte Station Große Schale	Gedeckte Station Kleine Schale		Luft)	Wasser) (Hopschensee)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
25 Juli 8 h bis 1 Aug 8 h	33 9	26 4	26 3	51 3	52 5	11 1	11 1	29 0	14 8°	18 0°
(7 Tage) pro Tag	4 84	3 77	3 76	7 33	7 50	1 59	1 59	4 14		
1 August bis 1 Sept	92 7	72 2	71 1	147 4	158 1	29 9	28 4	73 5	9 5°	13 3°
(31 Tage) pro Tag	2 99	2 33	2 29	4 75	5 10	0 96	0 92	2 37		
1 Sept bis 1 Oktober	83 4	67 6	69 8	125 9	133 3	24 1	23 6	54 5	9 1°	12 2°
(30 Tage) pro Tag	2 78	2 25	2 33	4 20	4 45	0 80	0 79	1 82		
1 —23 Oktober	73 4	55 7	55 7	90 0	94 8	21 3	22 3	41 3	7 7°	9 2°
(22 Tage) pro Tag	3 34	2 53	2 53	4 09	4 31	0 97	1 02	1 88		
Ganze Periode vom 25 Juli bis 23 Okt	283 4	221 9	222 9	414 6	438 8	86 5	85 5	198 3	9 3°	12 3°
(Total 90 Tage) pro Tag	3 15	2 47	2 48	4 61	4 88	0 96	0 95	2 20		

[3]) Ueber die meteorologischen Elemente gibt Diagramm 4 Aufschluß

[4]) Mittelwerte aus den Thermographenaufzeichnungen

[5]) Mittelwerte aus den Morgen und Abendbeobachtungen (8 h und 18 h)

Die Verdunstung des *Hopschensees* beträgt somit für die ganze Beobachtungsreihe vom 25. Juli bis 23. Oktober 1921, d. h. in 90 Tagen 198,3 mm gleich 2,2 mm im Mittel pro Tag. Die *maximale* Verdunstung pro Tag während der ganzen Periode erreicht einen Betrag von 7,7 mm (6./7. August), die minimale einen solchen von 0,2 mm (20./21. August).

Im Sommer 1921 erfolgte das Schwinden der Eisdecke des Hopschensees ungefähr am 15. Juli, die Schließung des Sees am 1. November. Setzen wir nun unter Berücksichtigung der obigen Ergebnisse als Verdunstungsbetrag für den Zeitraum vom 15. bis 25. Juli eine Größe von total 40 mm und vom 23. bis 31. Oktober eine solche von 12 mm ein, so ergibt sich als *Gesamtbetrag* für den relativ warmen Sommer und Herbst 1921 (1. Juli bis 31. Oktober) eine Verdunstung von 40 + 198 + 12 = 250 mm. Der *Gesamtmittelwert* aus den 123 Tagen erreicht also eine Höhe von 2,03 mm pro Tag.

Die Zusammenstellung (Tabelle 3) enthält noch die Ergebnisse der Verdunstungsmessungen mittels der Tonzylinder (Atmometer *Livingston*), Glasschalen und derjenigen am Hopschensee. Der Einblick in das Gesamtergebnis wird dadurch vollständig.

Als abgerundetes Ergebnis der bisherigen Verdunstungsstudien im hochgelegenen Simplongebiet erhält man kurz folgendes:

Die Verdunstung auf den hochalpinen Seen ist im allgemeinen kleiner als auf den Seen am Fuß der Alpen. Bei ersteren wird die Verdunstung durch den verminderten Luftdruck etwas begünstigt, dieses bescheidene Plus jedoch durch die tieferen Temperaturen reichlich aufgehoben. Örtliche Verhältnisse dürften in positivem oder negativem Sinn entscheidend ins Gewicht fallen. In Betracht kommen namentlich alle diejenigen Faktoren, die die Temperatur des Wassers bestimmen: die mehr oder weniger exponierte Lage des Sees und seines Einzugsgebietes hinsichtlich der Besonnung und des Windeinflusses, der Charakter der Zuflüsse, die Größe der Seefläche und die Tiefe des Sees, die Mächtigkeit der Schneedecke, der Charakter des Geländes.

Im zweiten Teil des Vortrages behandelt Oberingenieur *O. Lütschg* das Verdunstungsproblem einer ganzen Hochgebirgslandschaft, nämlich des im obersten Teil des Saastals liegenden, 37 km² umfassenden Mattmarkgebietes (Mittlere Höhe = 2800 m ü. M., Vergletscherung = 37%).

Die *Einzel*-Verdunstungsmessungen im Saastal und auf Simplon Kulm zeigen in kaum überbietbarer Deutlichkeit, daß das Maß der Verdunstung fast von Stelle zu Stelle sich ändert. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn sogar in maßgebenden Kreisen schon Zweifel aufgestiegen sind, ob sich das Verdunstungsproblem überhaupt erfassen lasse. Allen diesen Zweifeln hält der Hydrologe entgegen, daß die mittlere Jahresverdunstung durch den *Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß* gegeben ist.

Auf die Flußgebiete als *Ganzes* bezogen ist die Verdunstung — Professor *Karl Fischer* in Berlin hat schon mehrfach darauf hingewiesen — eine *halbe Invariante*. Wie sie sich bis zu einem gewissen Grade dagegen sträubt, an den *räumlichen* Schwankungen des mittleren

Niederschlages teilzunehmen, so nimmt sie auch an den in demselben Gebiet von Jahr zu Jahr vor sich gehenden Niederschlagsschwankungen nur in stark abgeschwächtem Maße teil. Die Verdunstung verhält sich hierin eben so ganz anders als der Abfluß und diese Eigenschaft einer Halbinvarianten müssen wir uns immer und immer wieder vergegenwärtigen, wenn wir gegenüber dem Gewirr der einzelnen Verdunstungswerte den Mut nicht verlieren wollen *(Fischer)*.

Für das Studium der Beziehung zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung bedarf es, neben den Sondereigenschaften des Untersuchungsgebietes[6]), vor allem durch die Beobachtung gesicherter Unterlagen und einer *scharfen* Kritik des der Untersuchung zur Verfügung stehenden Grundmaterials.

Die Beziehung zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in einer orographisch und geologisch-hydrologisch *geschlossenen* Hochgebirgslandschaft, wie sie das stark vergletscherte Untersuchungsgebiet von Mattmark darstellt, wird dadurch verwickelter, daß einerseits ein Teil des Niederschlages in natürlicher Aufspeicherung als Schnee im Nährgebiet der Gletscher zugunsten der Zukunft zurückbleibt (Rücklagen), andererseits aber Wasser aus dem Abschmelzgebiet der Gletscher in den Abfluß oder in die Verdunstung eintritt, das aus weit zurückliegenden Niederschlagen stammt (Aufbrauch früherer Rücklagen). Diesen Teilen des Niederschlages und des Abflusses kommen bei der Behandlung des Unterschiedes zwischen Niederschlag und Abfluß, d. h. bei der Ermittlung der Verdunstungsgröße des Gesamtgebietes erhöhte Bedeutung zu.

[6]) Die Meßstelle der Abflußstation muß selbstverständlich den gesamten Abfluß des Untersuchungsgebietes erfassen.

Verdunstungsmessungen an der Küste, im Flach- und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern

Von Prof. Dr. *Joh. Schubert*, Leiter des physikalisch-meteorologischen Instituts der Forstlichen Hochschule Eberswalde

---

Zu den Witterungsvorgängen, welche für das Gedeihen der Pflanzen- und Tierwelt, wie insbesondere für das Wohlbefinden des Menschen von Bedeutung sind, gehört die Verdunstung. Wir messen sie durch die Menge Wasser, welche auf der Flächeneinheit in der Zeiteinheit in Dampf übergeht, oder durch die Höhe der verdunsteten Wasserschicht.

Während die Ermittlung der Verdunstung nicht allgemein zu den Aufgaben der meteorologischen Beobachtungsnetze gehört, sind auf den *Stationen der forstlichen Versuchsanstalten in Deutschland* regelmäßige, langjährige Messungen ausgeführt. Die quadratischen Verdunstungsgefäße waren 0,2 Quadratmeter groß, 0,1 Meter hoch, etwa 1½ Meter über dem Erdboden aufgestellt und gegen Regen und Sonne durch ein vierseitiges spitzes Dach geschützt. Der Wind hatte seitlich freien Zutritt. Die eingefüllten Wassermengen abzüglich des am Monatsschluß verbleibenden Restes wurden mit Meßgläsern bestimmt. Die Bearbeitung erfolgte durch *die meteorologische Abteilung in Eberswalde*. Die Ergebnisse sind laufend mitgeteilt in Monats- und Jahresberichten, herausgegeben von A. Müttrich, Berlin, Jul. Springer. Wir benutzen die Mittel der 15 Jahre 1882—1896.

Die im Freien in geringerer oder größerer Entfernung vom Walde aufgestellten Verdunstungsmesser geben im *Norddeutschen Flachlande*, das wir zunächst betrachten wollen, auf einem Streifen zwischen 52° 16' und 53° 36' nördlicher Breite in der Reihenfolge von Ost nach West folgende jährliche Verdunstungshöhen: Kurwien (Masuren) 28 Zentimeter, Eberswalde (Brandenburg) 39 Zentimeter, Marienthal (Braunschweig) 37 Zentimeter, Lintzel (Lüneburger Heide) 39 Zentimeter, Schoo (Friesische Küste) 43 Zentimeter. *Im östlichen mehr kontinental gelegenen Masuren ist die Verdunstung kleiner, an der Nordsee größer* als in den mittleren Lagen. Zur Ergänzung sei angeführt, daß zwei nördlicher, an der Ostsee gelegene Orte geringere Verdunstung aufweisen: Fritzen im Samland fast 28 Zentimeter, Hadersleben in Schleswig 26 Zentimeter.

Berechnet man die relative Verdunstung der Monate in Teilen der Jahressumme und vergleicht Schoo an der Nordsee mit dem Durchschnitt der Binnenlandorte Eberswalde und Kurwien, so *überwiegt die relative Verdunstung vom April bis einschließlich Juli und besonders im Juni im Binnenlande, dagegen vom September bis März und besonders im November an der Nordseeküste*. Zum Vergleich teilen wir folgende Werte mit: Relative Verdunstung % im Juni: Nordseeküste 12,8, Binnenland *16,4*; im November: Nordseeküste *4,6*, Binnenland 2,5.

Im *Mitteldeutschen Berglande* fanden sich folgende jährliche Verdunstungshöhen (Reihenfolge von Ost nach West): Carlsberg (Schlesien) 740 Meter hoch, 27 Zentimeter, Schmiedefeld 711 Meter, 25 Zentimeter, Friedrichsrode (Thüringen) 441 Meter, 38 Zentimeter, Sonnenberg (Harz) 776 Meter, 24 Zentimeter, Fahnhof (ostrheinisches Bergland) 607 Meter, 28 Zentimeter, Hollerath (Eifel) 615 Meter, 22 Zentimeter. In Elsaß-Lothringen ergaben die Beobachtungen in Hagenau 150 Meter, 35 Zentimeter, Neumath 350 Meter, 45 Zentimeter (?), Melkerei 909 Meter, 34 Zentimeter.

Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, hängt ab von ihrem Sättigungsdefizit oder *Dampfmangel*, das heißt von dem Unterschied zwischen der tatsächlich in der Luft vorhandenen Dampfmenge und der höchstmöglichen (mit der Temperatur steigenden) Sättigungsmenge. Die Verdunstung ist ferner *bedingt durch die Stärke der Luftbewegung*; denn je mehr (trockene) Luft über eine Wasserfläche in gegebener *Zeit* streicht, desto mehr Wasser wird in Dampf übergehen. Wir setzen demgemäß die Verdunstung gleich dem Produkt aus dem Dampfmangel und einem mit der Windstärke wachsenden Windfaktor. Der Dampfmangel ist im Jahresdurchschnitt aus den Beobachtungen der Feuchtigkeit um 8 Uhr morgens und 2 Uhr nachmittags bestimmt. Aus je vier Orten erhalten wir folgende Mittelzahlen:

	Höhe m	Verdunstung cm	Dampfmangel mm	mal Windfaktor
Binnenflachland	115	35	2,2	16
Norddeutsches Küstengebiet	43	34	1,9	18
Mitteldeutsches Bergland	667	28	1,2	23

Im Durchschnitt der Vergleichswerte hat *das Küstengebiet* einen etwas *geringern Dampfmangel*, aber *größern Windfaktor* und nahezu dieselbe jährliche Verdunstungshöhe wie das Binnenflachland.

Mit zunehmender Seehöhe sinkt die Temperatur und in etwas schwächerm Maße auch der Taupunkt. Bei gleichem (oder abnehmendem) Unterschied zwischen Temperatur und Taupunkt wird mit sinkender Temperatur der Dampfmangel geringer. Im *Bergland* (Schlesien, Thüringen, Harz) gibt trotz des merklich größern Windfaktors *der geringere Dampfmangel* den Ausschlag und bewirkt eine *Abschwächung der Verdunstung*. An windgeschützten hoch-

gelegenen Orten wird die Verdunstung noch weiter eingeschränkt sein.

Die Abhängigkeit der Verdunstung von der *Windstärke* beeinträchtigt auch bei gleicher Aufstellung und Höhe über dem Erdboden die allgemeine Vergleichbarkeit der Messungen und verleiht ihnen eine *lokale Färbung*, da die Windgeschwindigkeit, zumal in so großer Nähe des Erdbodens in hohem Maße örtlicher Beeinflussung unterliegt, andererseits erscheint aus diesem Grunde die Messung der Verdunstung geeignet, lokale, klimatische Eigentümlichkeiten, wie *den Unterschied zwischen Freiland und Waldbestand* festzustellen.

Wir vergleichen neun Kiefern- und Fichten- und sechs Buchenstationen mit den benachbarten Feldstationen. Die jährliche *Verdunstung* betrug *im Nadelwald* (bei Kiefern wie bei Fichten) 48 Prozent, *im Buchenwalde* 42 Prozent von der im benachbarten Freiland. Aus denselben Stationspaaren ermitteln wir für die einzelnen Monate das Verhältnis der Waldverdunstung zu der im Freien und mit Hilfe dieser Verhältniszahlen aus dem Mittel aller sechszehn Feldstationen die Verdunstung im Walde. Es ergeben sich folgende Werte:

	Verdunstung mm							
	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober
Freiland	19	35	48	48	46	42	31	18
Nadelwald	10	18	23	23	22	19	14	8
Buchenwald	10	19	23	18	16	14	11	7

Auch die Monatssummen der *Verdunstung* im Sommerhalbjahr sind *im Nadelwald kaum halb so groß* wie im *Freien*. Besonders merklich ist das *Nachlassen der Verdunstung im sommergrünen Buchenwalde*. Im Juli bis September betrug die Verdunstung in den Buchenbeständen kaum mehr als ein Drittel von der im Freien.

Eine neue Methode der Verdunstungsmessung mit Hilfe der Abkühlungsgeschwindigkeit eines feuchten Thermometers habe ich jüngst an anderer Stelle mitgeteilt. Eine nach diesem Verfahren an zwei benachbarten Stellen in Eberswalde angestellte Beobachtungsreihe zeigt den starken Schutz, den Buchenunterholz gegen Wind und Verdunstung gewährt. Im Kiefernaltbestand mit Laubunterwuchs betrug die Verdunstung nur 6 Zehntel von der im reinen Kiefernbestand.

Klimatologie des Hochgebirges

Von Prof. Dr. phil. et med. h. c. *C. Dorno*, Davos

An dem reichhaltigen vor uns liegenden Programm der klimatologischen Tagung könnte vielleicht etwas als merkwürdig auffallen. Unter den etwa 50 Vorträgen findet sich keiner, der sich mit dem *Begriff* „Klimakunde“ und den *Arbeitsmethoden* dieser Wissenschaft beschäftigt. Ist dieser Begriff so eindeutig und uns allen so geläufig, daß er gar keiner Erörterung bedarf? Ich glaube kaum, denn er ist auch von den Professionellen recht verschiedenartig definiert. Und die Arbeitsmethoden — sie haben schon manchen Wechsel erfahren einerseits infolge Anwachsens des gesammelten meteorologischen Materials, sei es durch Einbeziehung eines weitern Gebietes der Erdoberfläche, sei es durch längere Zeitläufe der Beobachtungen, sodann infolge Erweiterung und Verfeinerung der Beobachtungsmethoden.

Alexander von Humboldt gilt wohl überall und mit Recht als der Begründer der Klimakunde, sein Studium über die Verbreitung der Pflanzen über die Erde hatte ihm den Gedanken an systematisch zu organisierende Beobachtungen der meteorologischen Elemente nahegelegt. Als geographische Meteorologie wird die Klimatologie nicht selten bezeichnet und mit Recht, denn sie sucht den mittleren Witterungszustand jeden Ortes in Abhängigkeit von seiner geographischen und topographischen Lage zu ermitteln im Gegensatz zur Meteorologie, welche ihre laufenden Beobachtungen anzuwenden sucht zur physikalischen Erklärung der zeitlichen Veränderungen der einzelnen Elemente und ihrer Abhängigkeit voneinander und von ihrem Ausgangszustand, das heißt richtige Diagnosen und Prognosen zu stellen sich bemüht. Der Zweck beider Wissenschaften ist keineswegs, wie nicht selten geurteilt wird, Selbstzweck, nein, es sind durchaus praktische Ziele, welche sie verfolgen. Wem die große Bedeutung der Prognosen für die Land- und Wasser- und damit Volkswirtschaft noch nicht klar geworden ist, der erkennt sie nunmehr aus ihrer Anwendung auf den seine Entwicklung doch erst beginnenden Flugverkehr, und früher noch wurde der praktische Wert der Klimatologie erkannt. Schon *Humboldt*, obwohl von der Pflanzenklimatologie ausgehend, bezog diese Wissenschaft auf den Menschen und charakterisierte sie als die Gesamtheit aller Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren. Noch deutlicher kommt der praktische Wert der Wissenschaft in der heute vielfach angenommenen Definition zum Ausdruck: Die Klimakunde bedeutet die Erkundung der gesamten atmosphärischen Bedingungen, die einen Ort der Erdoberfläche mehr oder weniger für Menschen, Tiere und

Pflanzen bewohnbar machen Hiermit wird also die Wissenschaft als ausdrucklich den Menschen (direkt oder durch den Tier und Pflanzenleib) dienend bezeichnet und ihr ungeheuer weites Feld wird dadurch beschrankt Auch das hiesige Programm hat sich diese Grenzen gezogen es ware sonst fur die bestehenden Verhaltnisse ins Uferlose gewachsen aber der Geograph und der Geologe kann sich mit dieser Einengung der Klimakunde auf das organische Leben wahrlich nicht zufrieden geben denn ein Zweifel kann nicht bestehen daruber daß die Klimawirkung auf den ganzen Wasserhaushalt der Natur die Bodengestaltung und die Bodenbeschaffenheit von entscheidender Bedeutung ist und auch die Geophysik und Astronomie greifen mit ihren Grenzen uber in das Gebiet der Meteorologie und Klimatologie

Wollte ich mich uber den Wandel der Arbeitsmethoden der Klimatologie den quantitativen und qualitativen, in ahnlich eingehender Weise auslassen, wie uber den Klimabegriff, so ware mein Vortrag hiermit reichlich ausgefullt, und ich kame gar nicht zu meinem eigentlichen Thema es findet sich wohl am Schlusse des Vortrages noch Gelegenheit, an einem krassen Beispiel hierauf zuruckzukommen

Unter „Hochgebirgsklima" pflegen wir die Hohenlagen von etwa 1000—2500 m zu verstehen, die niedrigeren Lagen reihen wir in das subalpine und Mittelgebirgsklima, die hoheren in das den Menschen feindlich werdende „Hohen"klima ein Richtig ist es wohl nicht einheitlich von einem Hochgebirgsklima zu sprechen Zwar nimmt im allgemeinen uberall auf der Erde der Luftdruck annahernd gleichmaßig beim Aufstieg vom Meeresniveau ab, bei 1000 Metern um 12%, bei 2000 Metern um 22% und noch schneller sinkt die Luftfeuchtigkeit, welche in 2000 Meter Hohe durchschnittlich nur noch halb so groß ist wie im Meeresniveau Desgleichen nimmt die Temperatur mit der Erhebung uber den Meeresspiegel anhaltend ab, aber doch in weiten Grenzen schwankend, dagegen nimmt die Sonnenstrahlung, da sie eine kurzere, trockenere und staubfreiere Luftsaule durchsetzt, dauernd zu an Quantitat und Qualitat, wofern man einen relativ großeren Gehalt an kurzwelligen, sogenannten aktinischen (blauen, violetten und ultravioletten) Strahlen als eine Verbesserung der Gesamtstrahlung ansieht Liegen hierin auch gewisse einheitliche charakteristische Merkmale, so ist es doch andererseits klar, daß man auf einem nordlicher gelegenen Gebirge schon nach geringerer Erhebung also geringerer Luftdruckabnahme und Strahlungszunahme in das Gebiet unzutraglicher Temperaturen gelangt, und andererseits auf einem dem Aequator nahen Gebirge schon sehr hoch steigen muß, bis zu schwer ertragbaren Graden der Luftverdunnung und Sonnenstrahlung, um aus dem Reiche der heißen Temperaturen zu gelangen Die Schneegrenze welche freilich nicht ausschließlich von der Temperatur abhangt, liegt in Island in etwa 700 m, im mittleren Norwegen in etwa 1200 m, in den Alpen in etwa 2700 m, im Kaukasus in etwa 3200 m, unter dem Aequator in etwa 5000 m Hohe — durchschnittlich fallt die klimatische Schneegrenze zusammen mit der $4\frac{1}{2}^{\circ}$ Isotherme des warmsten Monats Zwischen beiden Extremen gibt es ein Optimum eine gunstigste geographische Gebirgslage, in welcher

in leicht zugänglichen Höhen dünnere Luft und zuträgliche Temperaturen sich mit kräftiger Sonnenstrahlung und erwünscht langer Sonnenscheindauer verbinden. Ein solches Optimum findet sich in dem weiten Zuge der Alpen, es sollte auch in den Pyrenäen, dem Jura und den Karpathen zu finden sein, kurz in allen Gebirgen, welche in mittleren geographischen Breiten von Westen nach Osten verlaufen und eine genügende Breitenausdehnung besitzen. Im allgemeinen werden die zentralen Teile solcher Gebirge die bevorzugtesten sein, denn bei genügender Breite bieten die vorgelagerten äußern Bergketten den innern den durchaus nötigen Windschutz, auch halten sie denselben einen wesentlichen Teil der Niederschläge fern, da die zum Aufsteigen gezwungene Luft sich abkühlt und sich daher eines großen Teiles ihres Wassergehaltes entledigt. Die Luvseite der Gebirge pflegt allgemein weit niederschlagsreicher zu sein als die Leeseite. Die westöstlich verlaufenden Gebirge bilden eine starke Klimascheide, indem sie sich dem großen, vom Aequator zu den Polen und zurück verlaufenden Zirkulationssystem der Erdatmosphäre entgegenstellen, dessen Bedeutung durch des großen norwegischen Meteorologen Bjerknes Polarfronttheorie in jüngster Zeit wieder ganz in den Vordergrund der Betrachtungen gestellt ist. Wesentlich anders und ungünstiger als Europa steht diesbezüglich Nordamerika da, seine Gebirge verlaufen im allgemeinen in nordsüdlicher Richtung, und sie bieten daher den in dieser Richtung wehenden Winden kein Hindernis, die Tornados und westindischen Orkane entwickeln sich zu ungeheurer Gewalt in den Süd- und Weststaaten und durchbrausen oft den ganzen Kontinent, und kaum weniger heftig treten im Norden die namentlich das große Seengebiet heimsuchenden Stürme auf. Die Hitzewellen, von deren vernichtenden Einfluß wir jüngst lasen, und ebenso die cold waves des Winters und Frühjahrs sind im Gegensatz zu den vorerwähnten Stürmen nicht mit zyklonalen Wetterlagen (fortschreitenden Tiefs) verbunden, sondern mit antizyklonalen (ruhenden oder sehr langsam sich ausgleichenden Hochs) — auch sie sind in Nordamerika gegenüber Europa weit ausgeprägter, die Ursache ist die weit größere Kontinentalmasse. Schon öfters war ich in Verlegenheit, wenn mich nach den Vereinigten Staaten zurückkehrende Patienten um Rat fragten, wo sie im eigenen Lande ein Davos fänden. Ausführliche, hierüber mit amerikanischen Klimatologen geführte Korrespondenzen und Studien des reichen mir eingesandten Materials ließen mich zu der Ueberzeugung kommen, daß tatsächlich ein solches noch nicht existiere. So wunderbar in landschaftlicher und klimatischer Hinsicht und nicht zum wenigsten durch ihre äußere Ausstattung viele Kurorte der östlichen Gebirge im Sommerhalbjahr sein mögen, im Winterhalbjahr genügen sie nicht, und die sonnenreichen südlichen und südwestlichen Staaten liegen schon zu südlich, um das, was wir hier in Davos erstreben und was sich kurz charakterisiert mit dem Worte „Abhärtung", aufzuweisen. Orte mit ähnlicher Höhenlage sind daselbst im Sommer zu heiß und im Winter nicht kalt und

windgeschützt genug — das 1700 m hohe Denver weist 10° mittlere Jahrestemperatur auf gegenüber 2,6° in Davos. Daher versuchte man mancherorts in 3000 m und noch größere Höhen zu steigen, aber mit dem Erfolg, daß die zu große Luftverdünnung, zu intensive Strahlung und Trockenheit und die luftelektrischen Einflüsse unerwünscht starke Ansprüche an die Organe und vor allem an die Nerven stellten. Teile des Yellowstone Parkes und von Wyoming scheinen den alpinen Hochgebirgsorten ähnliche Verhältnisse zu besitzen, vorausgesetzt, daß sich windgeschützte Oasen finden, aber sie sind dem Verkehr noch nicht erschlossen. Bei den gigantischen Ausmaßen der Rocky Mountains und der Sierra Nevada, den großen Niveaudifferenzen zwischen Tälern und Höhen treten auch die Lokalwinde, welche als Berg- und Talwinde in den Alpen meist sehr angenehm empfunden werden, schon heftig auf, und die Größe der Temperaturstürze entspricht dem.

Verfolgen wir den langen Alpenzug mehr im Einzelnen, so finden wir das Klima zu beiden Seiten um so mehr unterschieden, je weiter wir nach Osten gelangen. *Grossmayr* hat das jüngst sehr deutlich nachgewiesen mit den neu abgeleiteten Begriffen des thermischen Quotienten und thermischen Exzesses, welche die aperiodischen Schwankungen (die Abweichungen der Extreme von den Mittelwerten) scharf erfassen ähnlich dem von *Pollok* eingeführten Intensitätsquotienten. Vergleiche dieser Werte zwischen Chur–Lugano, Innsbruck–Bozen, Serajewo–Mostar zeigen durchwegs ein starkes Anschwellen in östlicher Richtung. Nicht ohne Zusammenhang hiermit ist die winterliche Zunahme der Niederschläge mit der Höhe in den Ostalpen und eine stärkere Bewölkung während der Monate Dezember bis Februar in diesen alpinen Teilen gegenüber den Zentral- und Westalpen, wie sie aus *Knoch's* Isonephenkarte Europas deutlich ins Auge springt. In den Schweizer Alpen unterscheidet sich das ostschweizerische (rhätische) Hochplateau von der Westschweiz durch seinen kontinentalen Charakter. Dieser zeigt sich durch größere Amplitude der Lufttemperaturen, große Trockenheit der Luft neben längerer Sonnenscheindauer und intensiver Sonnenstrahlung. Die Massenerhebung hebt gewissermaßen ihren warmen Luftmantel mit sich empor, die Temperatur nimmt in Graubünden nur um 0,51° pro 100 m ab gegenüber 0,62 bis 0,65° über Rigi und Pilatus, wir finden dementsprechend auch die Vegetationsgrenze und die Baumgrenze höher als im Westen des Landes. Auch innerhalb des rhätischen Hochlandes finden wir keineswegs unbedeutende Unterschiede; verschiedene Besonnung, Steilheit der Bergwände, Orientierung der Bergtäler zur Hauptwindrichtung u. a. verursachen sie. Uns ist hier allen geläufig, daß die lebhaftere Luftbewegung des Engadins dieses prädestiniert für Sommer- und Wintersport, und daß Arosa und Davos ihrer Windstille ihre fast unerreichte Eignung für Lungentherapie verdanken. Auch Orte wie die genannten bilden noch keineswegs eine Einheit, habe ich doch zum Beispiel durch Untersuchungen an sieben

charakteristischen Punkten des Kurortes Davos nachgewiesen, daß die Sonnenscheindauer in der für klimatische Kuren wichtigsten winterlichen Jahreszeit Differenzen von 22 % ausmachen kann dergestalt, daß die Amtliche Meteorologische Station die ungünstigsten Ziffern aufweist. Wir haben hier in der Landschaft auch ausgezeichnet Gelegenheit, den Einfluß des sogenannten „Abhangklimas“ zu studieren, denn die Meteorologische Station der Schatzalp hat nun auch schon 16jährige lückenlose Reihen konform den 58jährigen der Davoser Station beigebracht. Die Verhältnisse der Lage beider Orte zueinander sind für diesen Vergleich die denkbar günstigsten nach Höhendifferenz, Elevationswinkel, freier Luftzirkulation und vor allem geeigneter Breite und Länge des im Windschutz gelegenen Tales. So finden wir denn eine ausgesprochene Temperaturumkehr. Nachts ist es zu jeder Jahreszeit auf der Schatzalp wärmer als in Davos, untertags aber nur im Winter, im Sommer ist es droben kühler. Diesen Vorteilen stehen auch kleine Mängel gegenüber: Größere Luftbewegung und ein wenig größere Bewölkung und Nebelhäufigkeit, welche freilich nicht verhindern, daß infolge des freieren Horizontes die Sonnenscheindauer 11 % größer ist als in den geschützten Lagen von Davos. Die Neigung des Hanges macht ihn neben seiner geographischen Orientierung sehr verschieden geeignet für die Pflanzenvegetation. In unsern Breiten erhält bei wolkenlosem Himmel der Ost- und Westabhang etwa ebensoviel Strahlung wie die Ebene, und die Neigung des Hanges macht bis zu 30° wenig Unterschied; auf den um 30° ansteigenden Südabhang strahlt aber zu allen Jahreszeiten außer im Sommer beträchtlich mehr Sonne als auf den nur 15° geneigten. Nord- und Südortslagen werden am verschiedensten von der Sonne erreicht im Frühjahr und Herbst, die Unterschiede sind im Sommer und Winter kleiner. Entsprechend finden sich in westöstlich verlaufenden Tälern sehr verschiedene Vegetationsgrenzen, Vegetationszeiten und Vegetationsarten an den entgegengesetzten Bergabhängen, und die menschlichen Siedelungen reichen sehr verschieden weit an ihnen herauf. Diesbezüglich kommt Dr. *Hunziker* in seinem, größtes Interesse für meteorologische Probleme bezeigenden Werke über „Prophylaxe der Schilddrüse, gleichzeitig ein Stück vergleichende Klimatologie der Schweiz“ zu dem bemerkenswerten Schluß: „Die Grenze der menschlichen Siedelungen liegt dort, wo mit abnehmender mittlerer Jahrestemperatur die 0° Temperaturen seltener werden. Wenn die Jahrestemperatur weiter sinkt und gleichzeitig die Frosttage zunehmen, so hört die Möglichkeit auf, aus dem Boden genügende Erträge zu ziehen.“ Die Davoser Südzimmer stehen mit Recht am teuersten im Preise, denn sie sind im Winter am wärmsten, im Sommer aber kühler als die West- und Ostzimmer. Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ist bei all diesem weit ausschlaggebender als die Zunahme der Intensität mit steigender Sonne.

Betrachten wir nun die trotz dieser reichen Variationen einheitlichen Merkmale des Höhenklimas, voran den verminderten Luftdruck,

durch den sich ja dies Klima von allen andern Klimatypen unterscheidet. Bis vor wenigen Monaten las man es in zahlreichen und gerade den modernsten Büchern, seine absoluten Werte und seine Schwankungen seien auch in 1000 bis 2000 m Höhe nur von geringer Bedeutung für den Menschen. Ich halte es für die bisher größte Leistung des hiesigen Forschungsinstitutes, daß Prof. *Loewy* die Höhenklimaforschung von dem unrichtigen Wege, auf den sie durch die unendlich reichen Spezialuntersuchungen von Aenderung des Blutbildes, des Blutdruckes, des Stoffwechsels zu geraten Gefahr lief, zurückgeführt hat, zunächst durch indirekten Beweis, nämlich durch Nachweis, daß alle diese Spezialerscheinungen bei unverändert bleibenden äußern Verhältnissen durch künstliches Sauerstoffatmen zurückgehen. Der Sauerstoffhunger, den man intuitiv als verbunden mit der Luftverdünnung voraussetzte, als man die physiologischen Wirkungen des Höhenklimas zu studieren begann, er besteht nicht nur, sondern er ist wohl das Hauptagens auch schon in unsern Hochgebirgshöhen, vielleicht auch noch in niedrigern. „Spiralförmig schreitet die wissenschaftliche Forschung vorwärts; in großen Bogen kehrt sie rhythmisch zu ähnlichen Gedankengängen zurück, nachdem sie in der Zwischenzeit in der dritten Dimension der Wahrheit entgegengewachsen" — so schrieb neulich trefflich der Wiener Meteorologe *Myrbach*. Nicht anders ist es mit einer zweiten Wirkung der Luftveränderung im Hochgebirge, der mechanischen. Bekannt war *Weber*'s Hüftgelenkexperiment: In 1200 m Höhe bei 655 mm wird der Luftdruck gleich dem Gewichte des Beines, bei kleinerm Luftdruck wird der Druck im Gelenkspalt negativ, die Folge ist subjektiv leichtere Beweglichkeit, vermehrte Muskelleistung, schnellere Ermüdung der Beinmuskeln. Weiteres dieser Richtung hat man dann meines Wissens nicht gelesen. Als das hiesige physiologische Institut an der Seite meines Observatoriums gegründet wurde, führte ich aus: ich konnte mir die Erforschung der Hochgebirgsphysiologie denken unter Zugrundlegung des Luftdruckes als Basiswert. *Kant* hat von seinem naturalistisch-philosophischen, *Schiller* von seinem dichterisch-philosophischen Standpunkt aus die Frage untersucht, wieweit menschenähnliche Geschöpfe auf einem Planeten geringerer Masse und daher geringerer Anziehungskraft, weniger beschwert durch des Körpers Materie, von dieser unabhängiger und daher seelisch freier werden, das heißt zu größern geistigen und moralischen Höhen sich erheben können. Die Hochgebirgsphysiologie steht vor einem nicht wesentlich andern Problem. Mit ihren physikalischen und chemischen Methoden hat sie nachzuweisen, wie sich die Lebensfunktionen in den Körperwandungen und Körperzellen, insbesondere ihre Blutdurchströmung mit allen direkten und indirekten Folgen ändern, wenn sie dauernd unter den geringern Außen- und Innendruck gesetzt werden. Von dieser Größe hängt doch (wenigstens vom mechanisch-physikalischen Gesichtspunkte aus) der innere Widerstand ab, den die Lebensfunktionen zu überwinden haben, und er mußte daher im Hoch-

gebirge geringer sein im Hochgebirge mußten daher auch außere Reizeinflusse insbesondere auch die klimatischen eher in die Erscheinung treten als in der Ebene“ Es freute mich ungemein, dieser Tage *C Jacobj*'s Publikationen uber den mechanischen Einfluß der Luftdruckanderung zu lesen, den Nachweis von Blutverlagerungen sowohl infolge elastischer Krafte im Korperinnern als auch durch Ausdehnung der in den Geweben physikalisch gelosten Gase Wir werden gut tun, den verminderten Luftdruck als Grundlage vieler physiologischer Wirkungen des Hohenklimas anzusehen, und das sollte Geltung haben nicht nur fur den Menschen, sondern auch fur die Tiere und die Pflanzen

Eine weitere spezifische und wichtige Eigenschaft des Hohenklimas ist die Trockenheit der Luft Die Feuchtigkeit nimmt wie wir schon gehort haben, viel schneller mit der Hohe ab als der Luftdruck, und sie betragt in 2000 m Hohe nur etwa halb so viel wie im Meeresniveau Freilich, schaut man nach der relativen Feuchtigkeit, so findet man oft recht hohe Prozentgrade, da das Haarhygrometer das Prozentualverhaltnis, bezogen auf das nur kleine Fassungsvermogen der umgebenden kuhlen Hochgebirgsluft fur Wasserdampf meldet Die Wirkung auf den Menschen kann aber nur beurteilt werden durch Beziehung auf das Fassungsvermogen der Luft bei seiner Korpertemperatur, und es geschieht dies, wie ich in meinen Publikationen abgeleitet, am eindruckvollsten durch das physiologische Sattigungsdefizit (es macht prinzipiell dabei wenig aus, ob man die Ausatmungsluft ein paar Grade niedriger als 37° ansetzt), und da ergeben sich schon in unsern Hohen Trockenheitsverhaltnisse, welche zur Winterszeit die des Sirokko ubertreffen konnen Nicht viel anders ist die austrocknende Wirkung des Hochgebirgsklimas auf die Pflanzen zu bewerten, denn auch sie nehmen unter nicht seltenen Verhaltnissen bei Windstille und intensiver Sonnenstrahlung Temperaturen an, die weit uber Lufttemperatur liegen Ich maß in Davos großere Differenzen, als sie aus der Wuste berichtet werden eine Differenz, von 10,3° an schwarzen Stiefmutterchenblutenblattern bei freilich (infolge viel geringerer Lufttemperatur) geringerer, aber der Temperatur des menschlichen Korpers verwandter Absoluthohe von 33,3° (maximale Wustentemperatur 45,4°) Unter Nichtbeachtung dieser Verhaltnisse konnte es selbst einem Botaniker vom Range Szymkiewicz's passieren, daß er das Alpenklima als „feucht“ fur die Pflanzen bezeichnete

Aus berufenstem Munde haben Sie hier uber die neuesten Resultate der Verdunstungen im Hochgebirge, gemessen an Wasseroberflachen, Bericht erhalten und daraus die große Schwierigkeit des Problems erkennen konnen Die Anwendung dieser Große auf die Pflanzenwelt bietet neue Schwierigkeiten, ist aber von großter Bedeutung, denn die Pflanzen transpirieren unter Umstanden mehr als die freien Wasseroberflachen Die Amerikaner haben durch sensible Meßmethoden und weitausgreifende Meßreihen nachgewiesen, daß ihre

Pflanzen doppelt soviel verdunsten als freie Wasseroberflächen, die Verdunstung des Afalfa übertrifft noch die des Grases. Es wäre nicht unmöglich, daß die Wiesenoberfläche des Davoser Tales mehr verdunstet als die des Davoser Sees, so eigentümlich sich das zunächst anhört. Diese, wie die meisten auf die physikalischen Verhältnisse des Bodens sowie auf die Forst- und Landwirtschaft bezüglichen Aufgaben, deren jede — das ist das Charakteristikum fast aller physikalisch-meteorologischen Untersuchungen — mindestens einen, meist mehrere Jahresturnusse erfordert, haben bisher vom Observatorium noch nicht angefaßt werden können. Der Aufgabenkreis ist zu groß, und er häuft sich auf allen Gebieten, je mehr man vordringt, und die Beziehungen fehlen — man kann es ohne Uebertreibung sagen — zu keinem Gebiete der Naturwissenschaften und der Medizin, so daß sich nicht nur der Umfang, sondern auch die Vielgestalt der Aufgaben dauernd steigert. Das Hochgebirge ist eine Welt für sich; um sie richtig zu verstehen, bedarf es weitgreifender mühsamer Forschungen über viele Jahrzehnte und sie müssen hinausgeführt werden nach beiden Seiten nach der Ebene und nach den höchsten Höhen zu, denn diese Vergleiche erst bringen volle Erkenntnis. Auch hierzu ist der Anfang vom hiesigen Observatorium gemacht.

Teilweise eng verbunden mit der Lufttrockenheit sind die luftelektrischen Verhältnisse. Entsprechend dem geringen Feuchtigkeitsgehalt, aber auch dem dünnen Luftmantel und der durch stärkere Ionisierung größeren Leitfähigkeit der Luft ist das Potentialgefälle (die Spannungsdifferenz zwischen Luft und Erde) geringer, die stärkere Leitfähigkeit wird zum Teil durch die ionisierende Wirkung der stark ultraviolletthaltigen Sonnenstrahlung sowie den nachgewiesenen recht bedeutenden radioaktiven Gehalt der Hochgebirgsluft erklärt, mehr wohl noch durch die Vermischung mit aus den hohen Höhen absteigender, noch weit stärker ionisierter Luft; sie ist nach mehrjährigen Parallelregistrierungen in Davos dreimal größer als in Potsdam, und ebenso viel kleiner ist das Potentialgefälle gefunden; der von der Erde zum Himmel dauernd übergehende luftelektrische Vertikalstrom ist also in Davos etwa von derselben Größe wie in Potsdam, aber nur ein Drittel so hoch gespannt. Die freie elektrische Raumladung, welche seit etwa einem halben Jahre am Observatorium regelmäßig gemessen wird, findet sich — ähnlich dem Potentialgefälle — gleichfalls viel kleiner als in der Ebene. Der radioaktive Emanationsgehalt der Bodenluft ist von höherer Größenordnung als der der atmosphärischen Luft, auch er zeigt ein Ansteigen von den nördlichen Meeren zu den Alpen. In Potsdam hat man die Bodenluft etwa 100mal emanationsreicher gefunden als die atmosphärische Luft, in München erwies sie sich 6mal reicher als in Potsdam, in Freiburg in der Schweiz wiederum sechsmal reicher und schließlich in Davos noch etwa dreimal so groß, also gut 100mal größer als in Potsdam; sie ist in Davos imstande, etwa 5000 Ionen pro Kubikzentimeter-Sekunde zu erzeugen, und das ist eine in pflanzenphysiologischer Hinsicht wohl

sicher nicht, in klimatischer Hinsicht vielleicht nicht zu vernachlässigende Größe. Daß Vorbedingung einer elektrisch gut leitenden Luft ein geringer Staubgehalt ist, andernfalls sich die entstandenen Ionen sogleich an diesem anlagern, ist selbstverständlich. Die weitreichende Staubfreiheit und Keimfreiheit der Hochgebirgsluft ist ja vielerorten durch Messungen nachgewiesen und zu ihr gesellt sich — nicht zu unterschätzen in seiner Bedeutung — die Abwesenheit von lästigen Insekten, Stechmücken, Motten und Flöhen. Es wäre wohl eine dankbare Aufgabe zu untersuchen, ob es wirklich nur die niedrige Lufttemperatur ist, welche diesen den Garaus macht, wenn sie hierher verschleppt werden.

Auf das weite Gebiet der Strahlung vermag ich in diesem kurzen Vortrage nicht mehr einzugehen. Sie bedeutet eines der klimatologischen Hauptcharakteristika des Hochgebirges. Es ist Ihnen vielleicht bekannt, daß gerade dieses Problem vor 18 Jahren zur Gründung des hiesigen Observatoriums geführt hat und daß es in seiner ganzen Vielgestaltigkeit mit den modernsten Methoden angegriffen worden ist, welche auch manche nicht unfruchtbaren prinzipiellen Umgestaltungen durch das Observatorium erfahren haben. Die Sonnen- und Himmelsstrahlung und Reflexstrahlung, gesamt und in allen die Biologie und Meteorologie interessierenden Spektralteilen und verschiedenen Polarisationszuständen wurden und werden teilweise dauernd durch Registrierungen verfolgt, keineswegs nur zu klimatologischen, sondern auch zu geophysikalischen Zwecken. Bei den Demonstrationen wird sich Gelegenheit finden, gleichzeitig über die Methoden und auch über einige Hauptresultate physikalischer und physiologischer Natur zu sprechen. Die zu allen Jahreszeiten in Davos günstigen Sonnenverhältnisse und die Möglichkeit, ihre Variationen am Observatorium während des Experimentes nach exakten Methoden zu bestimmen, machen es dem Observatorium zur Pflicht, die physiologischen Wirkungen der Strahlung, welche an anderen Orten meist nur in künstlichem Lichte verfolgt sind, in natürlichem Lichte zu beobachten unter gleichzeitiger Einwirkung der meteorologischen Faktoren. Pigmentierung, Reflexion der Haut, Hauttemperaturen und Tiefentemperaturen bei Sonnenbestrahlung bildeten bisher die Hauptgegenstände der Untersuchung. Im Freien ist die saubere Durchführung dieser wesentlich schwieriger als im Zimmer.

Das Strahlungsklima des Hochgebirges zeichnet sich vor dem der Ebene aus durch

starke, aber nicht exzessive Intensitäten,
Reichtum an kurzwelliger (aktinischer) Strahlung,
große Gleichmäßigkeit im Jahres- und Tageslaufe.

Diese drei Charakteristica findet man stets, in welchen Spektralteilen und an welchem Objekt (Sonne, Himmel, Wolken, Erdboden) man die Untersuchungen auch anstellen mag, und sie zeigen sich umso ausgeprägter, je kürzer die Wellenlängen der untersuchten Strahlen

sind Nicht nur die Einstrahlung, sondern auch die Ausstrahlung nimmt mit Aufstieg vom Meeresniveau zu — man liest dies meist durch den „dunneren Atmospharenmantel“ erklart So einfach liegt die Sache nicht, es sind nicht die Luftgase, sondern vornehmlich der Wasserdampf, welcher die Mantelwirkung ausubt, da dieser fur die von der Erde ausgehende langwellige Warmestrahlung sehr undurchlassig ist, aber allein entscheidend ist auch er nicht, wie *Angstrom* aus seinen an vielen Orten Schwedens durchgefuhrten Messungen schließt Die physiologische Bedeutung der Ausstrahlung erkennt man ebensowenig wie die der Lufttrockenheit aus den ublichen meteorologischen Zahlen, auch sie muß erst umgerechnet werden auf die Korpertemperatur des Menschen Alsdann findet man fur Davos, daß an klaren Wintertagen der Mensch durch Ausstrahlung um die Mittagszeit etwa 40%, nach Sonnenuntergang etwa 80% derjenigen Warmemenge abgibt, welche ihm die Sonne bei ihrem Hochststande um die Mittagszeit zusendet Man wird nach roher Schatzung die Warmeabgabe durch Ausstrahlung wahrend des ganzen Tages als die Halfte der gleichzeitigen Warmezufuhr durch Einstrahlung anzunehmen haben

Diese Beispiele der Ausstrahlung und der Luftfeuchtigkeit geben meiner mit einiger Kuhnheit aufgestellten These Berechtigung, daß die meteorologischen Tabellen in ihrer heute gebrauchlichen Form wenig geeignet sind zur Beurteilung der Eignung eines Klimas fur den Menschen, insbesondere fur den kranken Menschen und die Klimakur, und daß es einer spezifisch medizinischen Meteorologie bedarf, welche bei einheitlicher Zugrundelegung der Korpertemperatur des Menschen als Nullpunkt sich wesentlich einfacher gestaltet als die allgemeine Meteorologie Die Wirkung der vielgestaltigen Elemente lagert sich ubereinander und ist in den gebrauchlichen Tabellen kaum zu ubersehen Aus den Erfahrungen an unserer (doch zufalligen) Umwelt in der Heimat schatzen wir diese Wirkung ab, und da konnen schwere Irrtumer unterlaufen Die meteorologischen Tabellen unserer Hochgebirgskurorte geben ein krasses Beispiel hierfur Welcher Arzt kann wohl auf Grund dieser einen Patienten nach Davos senden? Des Winters Kalte, die gewaltigen Temperaturschwankungen, die hohe relative Feuchtigkeit scheinen das doch vollkommen auszuschließen Und doch ist der Warmeanspruch, den das Klima in Davos stellt, ein geringerer als wohl an allen Orten nordlich der Alpen und kaum großer als in der Riviera der schweizerischen und oberitalienischen Seen, und die Gleichmaßigkeit des Warmeanspruches im Tages und Jahreslaufe ist eine großere als an allen diesen Orten Dies ist bewiesen durch systematisch wahrend etlicher Jahre durchgefuhrte Messungen der Abkuhlungsgroße Dr *Leonard Hill* hat sie in einfacher Form durchzufuhren ermoglicht durch Konstruktion seines uberaus nutzlichen und revolutionar wirkenden Kata Thermometers, uber welches er Ihnen selbst berichtet hat Auf dies Instrument wirken gleichzeitig alle meteorologischen

Faktoren Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und es gibt durch die Geschwindigkeit seiner Abkühlung nach künstlicher Erwärmung auf 37° (entsprechend unserer Körpertemperatur) in einer einzigen Zahl die Gesamtwirkung aller an durch seinen Wärmeverlust in Tausendstel Grammkalorien pro Centimeter und Sekunde. Durch Eichung ist für jedes einzelne Instrument der nötige Umrechnungsfaktor bestimmt und wird vom Fabrikanten mitgeliefert. In Davos ist es gelungen, ein relativ einfaches Instrument zu konstruieren, welches die Abkühlungsgröße dauernd registriert und die Verhältnisse sehr übersichtlich zeigt, indem es jederzeit direkt die Energie angibt, welche nötig ist, um den exponierten Abkühlungskörper auf der gewünschten Temperatur zu erhalten. Als solcher ist eine fast massive schwarze Kupferkugel gewählt, was gewisse Vorteile bietet, und als Ausgangstemperatur haben wir nicht 37°, sondern 33° bestimmt, was der Temperatur der Außenhaut des Menschen bei Zimmertemperatur entspricht. Zu beweisen ist nun freilich noch, daß die Abkühlungsgröße, welche diese toten Instrumente melden, auch wirklich proportional ist derjenigen, welche der Mensch erfährt. Für Davos ist das durch systematisch ein Jahr hindurch durchgeführte Messungen geschehen, indem die Temperatur der Backenhaut stets gleichzeitig gemessen wurde mit der Abkühlungsgröße. Es ergab sich eine weitgehende Proportionalität, wenn auch ein kleiner Gang erkennbar war derart, daß die Hautabkühlung bei großen Abkühlungswerten ein wenig (in praktisch zu vernachlässigendem Maße) langsamer stattfindet — durch größeren Reiz werden mehr physiologische Kräfte mobil gemacht. An anderen Orten sollten solche Parallelmessungen auch durchgeführt werden, sie werden vermutlich auch gute Proportionalität ergeben, vermutlich wohl aber einen anderen Proportionalitätsfaktor. Jedenfalls haben wir hier ein einfaches Mittel, die klimatische Fundamentalgröße, die Abkühlungsgröße, für den Menschen zu bestimmen. Von ihr hängt die Wärmemenge ab, welche der Mensch zu produzieren hat, um seine Körpertemperatur auf ihrem konstanten Niveau zu erhalten, sie sagt dem Arzte in einer einzigen Zahl, ob er ein Reiz- oder Schonungsklima und welchen Grades findet. Durch diese Grundzahl werden die meteorologischen Tabellen heutiger Form erst recht ihren Wert gewinnen, denn, ist erst einmal die Gesamtwirkung aller Elemente durch die Abkühlungsgröße bekannt, so werden sich die Einzelwirkungen, insbesondere des Windes, viel leichter aus den Tabellen deuten lassen.

Diskussionsbemerkungen zur Physikalisch-Meteorologischen Abteilung siehe S. 549.

3 BIOLOGISCHE ABTEILUNG

Einfluß von Licht und Temperatur in den Alpen auf Physiologie und Anatomie der Pflanzen

Herrn Prof Dr C Schroter (Zurich) zum 70 Geburtstag gewidmet

Von *G Senn* Basel

Die primaren Aenderungen des Klimas, die sich mit der Erhebung uber das Meeresniveau geltend machen, außern sich in der Abnahme der Lufttemperatur und in der Zunahme der Sonnenstrahlung Beides wird bekanntlich durch die mit der Meereshohe erfolgende Abnahme der Machtigkeit der auf der Bodenoberflache ruhenden Luftschicht verursacht

Da nun Licht und Temperatur die Lebensvorgange der Pflanzen, die sich infolge ihrer Verankerung im Boden diesen Einflussen nicht zu entziehen vermogen, wohl noch in hoherm Maße beeinflussen als die entsprechenden Funktionen des Tierkorpers, mochte ich hier in kurzem darlegen, in welcher Weise diese beiden Faktoren auf die Physiologie sowie auf die Morphologie und Anatomie der Pflanzen des Hochgebirges wirken

Da der verfugbare Raum nicht erlaubt, auf die interessante Geschichte dieses Problems einzutreten, gehe ich gleich dazu uber, die wichtigsten Resultate mitzuteilen, die ich in Verbindung mit meiner fruhern Assistentin, Frl Dr *Henrici*, uber die Abhangigkeit der Physiologie der Alpenpflanzen von Licht und Temperatur gewonnen habe

Die Versuche wurden in der Weise angestellt daß gleichzeitig also unter denselben außern Bedingungen ein aus der Ebene und ein aus den Alpen stammendes Individuum derselben oder einer andern Spezies untersucht wurden Diese Versuche fuhrten wir sowohl in der Ebene d h im Botanischen Garten in Basel bei 273 m uber Meer, als auch in den Alpen durch und zwar vorwiegend auf Muottas Muraigl oberhalb Samaden im Engadin, in einer Hohe von 2450 m Da gleichzeitig mit den Versuchen auch die meteorologischen Einflusse Temperatur Sattigungsdefizit und so gut es ging auch die Lichtintensitat bestimmt wurden ließen sich die zu verschiedenen Zeiten gewonnenen Resultate untereinander vergleichen und gewisse Gesetzmaßigkeiten in der Abhangigkeit der Individuen verschiedener Herkunft von außern Faktoren feststellen

Bekanntlich bezieht die grune Pflanze ihre Nahrstoffe mittels zwei durchaus verschiedener Organe aus zwei verschiedenen Quellen namlich erstens mit ihren Blattern den Kohlenstoff in Form von Kohlendioxyd aus der Luft ein Vorgang der abgesehen von einigen Bakterien

nur unter dem Einfluß des Lichtes stattfindet und zweitens mit ihren Wurzeln die anorganischen Salze, Nitrate, Sulfate, Phosphate des Kalium, Kalziums, Magnesiums, Eisens usw. in Form verdünnter wässeriger Lösungen aus dem Boden.

Ueber die *Kohlensäure-Assimilation der Alpenpflanzen* hat Frl. Dr. *Henrici* wichtige Arbeiten veröffentlicht. Aus der ersten derselben (1918) geht hervor, daß das intensive Licht der Alpenregion die CO_2-Assimilation der Alpenpflanzen gegenüber den aus der Ebene stammenden Individuen wesentlich fördert. Allerdings beginnen die Ebenen-Individuen schon bei *niedrigern* Intensitäten die Kohlensäure zu reduzieren. Wenn aber die direkte Alpensonne wirksam ist, so assimilieren die Alpenindividuen dauernd viel mehr Kohlensäure als die Individuen der Ebene, deren Assimilationsgröße auf einer bestimmten Höhe stehen bleibt oder sogar allmählich abnimmt. Diese Ueberlegenheit des Alpen-Individuums macht sich bei sehr hoher Lichtintensität selbst bei relativ hohen Lufttemperaturen von 20° C und mehr geltend, während bei diesen höhern Temperaturen, aber in *schwachem* Licht, das Ebenen-Individuum mehr Kohlensäure assimiliert.

Bei *niedern* Lufttemperaturen, das heißt unter + 1—8° C., assimilieren die Alpenpflanzen in schwachem wie in starkem Licht stets mehr als die Ebenen-Pflanzen. Die Individuen verschiedener Herkunft ernähren sich somit unter *den* Bedingungen am besten, die an ihrem natürlichen Standort gewöhnlich realisiert sind. Da aber die Alpenpflanzen auch bei *niedern* Temperaturen, das heißt unter 0° C., sehr starke Kohlensäure-Assimilation zeigen, während ihre Atmung gleichzeitig gering ist, scheinen sie eine absolut größere Menge von Kohlehydraten zu bilden, als die Ebenenpflanzen. Dabei wird aber diejenige Menge, welche weder zur Atmung noch zum Wachstum verwendet wird, bei Temperaturen unter + 6° C. nicht zu Stärke kondensiert, sondern bleibt als Zucker gelöst in der Zelle, eine Tatsache, die von weittragender physiologischer Bedeutung ist (*Henrici* 1921).

Ueber die Ernährung der Alpenpflanzen durch die *anorganischen Salze des Bodens* sind noch keine direkten Untersuchungen angestellt worden. Ich konnte zwar nachweisen, daß die meisten Pflanzen der Alpwiesen im starken Alpenlicht stärker transpirieren als Ebenen-Individuen derselben Spezies. Und da hiebei die Pflanzen nicht welkten, müssen sie eine entsprechende Menge von Wasser aus dem Boden aufgenommen haben. Ob jedoch dieses Bodenwasser der Alpen auch die anorganischen Nährsalze der Pflanzen in der erforderlichen Qualität und Quantität tatsächlich enthält, wurde noch nicht untersucht. Ja, die Tatsache, daß die Färbung der Alpweiden an nicht gedüngten und nicht bewässerten Stellen weniger tiefgrün ist, als in nährstoffreichem Boden, läßt vermuten, daß die Pflanzen des natürlichen alpinen Weidebodens die Bodensalze nicht in der Menge aufnehmen können, die der von den Blättern gebildeten Menge von Kohlehydraten entspricht.

Meine *Wachstumsmessungen* in den Alpen haben ergeben, daß dieser Lebensprozeß wenigstens in den oberirdischen Teilen, den Stengeln und Blättern, meist stark gehemmt wird. Wie ein Vergleich von Kartoffeln, die einerseits im dunkeln Keller, andererseits im Tageslicht auswachsen, beweist, hemmt das Licht das Längenwachstum des Stengels. Dementsprechend wachsen die meisten unserer Ebenenpflanzen fast ausschließlich nachts. Da aber in den Alpen die Lufttemperatur sich nachts nicht immer, jedenfalls nie hoch über den Nullpunkt erhebt, können die Pflanzen so hoher Standorte im Gegensatz zu denjenigen der Ebene nachts nicht wachsen. Da aber am Tage die Lichtintensität in den Alpen viel höher ist, als in der Ebene, sind die meisten Alpinen ebenso wenig imstande am Tage zu wachsen, wie die Ebenen-Pflanzen. Meine Messungen haben nun ergeben, daß die Mehrzahl der Alpenpflanzen ihr Wachstum gerade nach Sonnenuntergang bewerkstelligt, dann eben, wenn die Lichtintensität stark abgenommen hat, die die Pflanze umgebende Luft jedoch durch die Ausstrahlung des tagsüber stark erwärmten Bodens noch eine Temperatur aufweist, die das Wachstum ermöglicht. Daß dieses aber geringer ist als dasjenige der Ebenen-Individuen, beweist die allgemein geringere Größe der oberirdischen Pflanzenorgane, das heißt der Stengel und Blätter der Alpen-Individuen.

Daß aber diese Kleinheit tatsächlich auf der hemmenden Wirkung des stärkern Lichts während des Tags und der niedern Temperatur während der Nacht beruht, beweisen die Wurzeln der Alpenpflanzen, die, weil nie der kalten Luft und nie dem Licht ausgesetzt, relativ, ja sehr oft auch absolut größer werden, als diese Organe bei tiefer unten wachsenden Individuen derselben Spezies (zum Beispiel Campanula barbata).

Immerhin muß ich bemerken, daß wir auch einige wenige Pflanzen kennen, deren Wachstum vom Licht nicht gehemmt wird und die deshalb stets dann wachsen, wenn eine bestimmte Temperatur erreicht ist, gleichgültig ob Licht wirkt oder nicht. Zu dieser physiologischen Gruppe gehört unter den Alpenpflanzen Arnica montana. Ob sich noch andere Spezies der Alpen gleich verhalten, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Von *Bewegungserscheinungen* bei Alpenpflanzen habe ich bisher nur die Krümmungsbewegungen der Stengel der Alpenazalee, Loiseleuria procumbens, untersucht. Wie bekannt, bildet dieses Sträuchlein mit Vorliebe kleine Spalierbäumchen, welche ganze Felsen überziehen können. Befestigt man nun einzelne Zweige eines solchen Bäumchens so in vertikaler Lage, daß sich das wachstumsfähige Ende des Zweiges frei bewegen kann, so krümmt es sich innerhalb einiger Tage wieder nach dem Felsen zu, und zwar dadurch, daß die vom warmen Fels *ab*gewandte Seite des Stengels stärker wächst, als die ihm *zu*gewandte. Wir hätten es demnach mit einem Fall von positivem Thermotropismus zu tun. Jedenfalls glaube ich meine Beob

achtungen in diesem Sinne deuten zu dürfen, obwohl ich den strikten Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung erst noch erbringen muß.

Diese rasch skizzierten Resultate über die Physiologie der Alpenpflanzen lassen somit erkennen, daß das *intensive* Licht der Alpenregion die Kohlensäure-Assimilation der Alpenpflanzen bedeutend fördert, während es gleichzeitig das Wachstum der Stengel und Blätter hemmt. Die *niedern Lufttemperaturen*, die in den Alpen bei Nacht und bei bewölktem Himmel auch am Tage herrschen, hemmen das Wachstum ebenfalls, fördern aber gleichzeitig die Kohlensäure-Assimilation der Alpenpflanzen selbst bei niederer Lichtintensität. Bleibt die Temperatur unter + 6° C., so kann der bei der Kohlensäure-Assimilation gebildete Zucker nicht zu Stärke kondensiert werden. *Höhere Temperaturen*, wie sie die Luft bei Sonnenschein und Windstille oder gleich nach Sonnenuntergang auch in den Alpen aufweist, fördern das Wachstum, hemmen jedoch die Kohlensäure-Assimilation, letzteres jedoch nur, wenn das Licht gleichzeitig schwach ist. Die *hohen Bodentemperaturen* begünstigen allgemein das Wachstum der Wurzeln der Alpenpflanzen und können bei einzelnen Spezies wahrscheinlich auch thermotropische Wachstumskrümmungen hervorrufen, die zum Spalierwuchs führen.

Während somit das Alpenklima das *Wachstum* der Pflanzen — wenigstens ihrer oberirdischen Organe — hemmt, fördert es ihren *Stoffwechsel* in analoger Weise wie denjenigen von Mensch und Tier.

Mit Hilfe dieser allerdings noch sehr lückenhaften Kenntnisse der wichtigsten physiologischen Vorgänge in den Alpenpflanzen will ich nun den Versuch wagen, die *morphologisch-anatomischen Eigentümlichkeiten der Alpenpflanzen* unserm Verständnis näher zu bringen.

Auf den *morphologischen* Unterschied zwischen Individuen derselben Spezies, die in der Ebene und die in den Alpen gewachsen sind, wurden die Botaniker aufmerksam, sobald sie sich überhaupt mit Alpenpflanzen befaßten. Die im allgemeinen geringe Entwicklung der oberirdischen Organe, und die starke Ausbildung der Wurzeln wurde, nachdem erst die naiven Zweckmäßigkeits-Erklärungen überwunden waren, relativ früh in durchaus richtiger Weise darauf zurückgeführt, daß in der alpinen Region das Wachstum der oberirdischen Teile abwechselnd durch starke Licht- und niedere Lufttemperatur gehemmt wird. Offenbar korrelativ mit dieser quantitativ schwachen Entfaltung der oberirdischen entwickeln sich aber die unterirdischen Organe der Alpenpflanzen um so stärker, weil die große Menge organischer Substanz, die für das Wachstum der oberirdischen Teile nicht verwendet werden kann, den im Wachstum geförderten Wurzeln zugute kommt.

Offenbar bildet der Ueberschuß organischer Substanz und die Hemmung des Wachstums von Stengeln und Blättern auch den Grund für die viel reichlichere Blüten- und Fruchtbildung der Alpenindi-

viduen im Vergleich zu den Ebenen Pflanzen. Wie die Versuche *Vochting*s und besonders diejenigen von *Klebs* an Ebenen-Pflanzen gezeigt haben, wachsen die Vegetationspunkte zu Stengeln und Blattern aus, wenn ihnen viele anorganische Salze zugefuhrt werden und wenn gleichzeitig das Wachstum durch gunstige Temperatur und schwache Belichtung gefordert wird. Umgekehrt tritt bei *Mangel* anorganischer Salze, bei *Ueberschuß* von Kohlehydraten und bei *Hemmung* des Wachstums Bildung von Bluten ein, Bedingungen, die gerade in den Alpen in besonders starkem Maße realisiert sind.

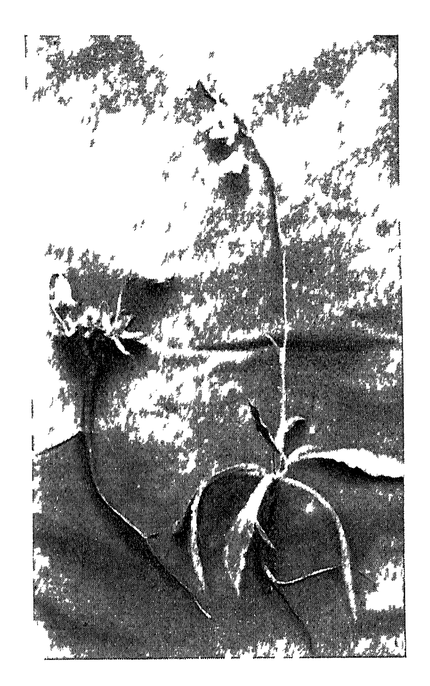


Fig. 1. *Campanula barbata L.*
Links: Individuum von 2500 m unterhalb des Gipfels des Eggerhorns. Rechts: Individuum des Tales bei 1500 m, beide in Sudexposition. Binn Tal, Oberwallis. Horizontaldistanz zwischen beiden Standorten nicht ganz 2 km. 1/5 naturl. Große.

Diese morphologischen Eigentumlichkeiten der Alpenpflanzen, der gedrungene Wuchs ihrer oberirdischen und die starke Entwicklung der unterirdischen Organe in Verbindung mit ihrem Blutenreichtum, hat manche Forscher dazu gefuhrt, sie als Trockenpflanzen, als Xerophyten zu bezeichnen. Wir werden bei der Besprechung der anatomischen Verhaltnisse noch zu untersuchen haben, ob dieser Schluß berechtigt ist. Bevor ich aber die anatomischen Eigenschaften der Alpenpflanzen behandle, mochte ich auf einige

ihrer *chemischen Eigentumlichkeiten* hinweisen, die von besonderm Interesse sind

Beim Besuch der Hochgebirge fallt die Intensitat der Bluten farben, speziell der roten und blauen, sehr bald auf Ja manche Pflanzen, die in der Ebene weiße Bluten haben, bilden in den Alpen rote aus (z B Achillea Millefolium) Wahrend man diese Tatsache fruher mit der naturlichen Zuchtwahl zu erklaren versuchte, indem nur die auffallenden Bluten von den relativ wenig zahlreichen In sekten der Alpenregion aufgesucht und bestaubt wurden, haben *Ver ton*'s Untersuchungen gezeigt, daß der rote Farbstoff das Anthocyan besonders dann gebildet wird, wenn in den Zellen viel geloster Zucker vorhanden und die Temperatur niedrig ist Da, wie wir gesehen haben, unter + 1—8° C von den Alpenpflanzen uberhaupt keine Starke gebildet, sondern die Kohlehydrate in Form von gelostem Zucker gespeichert werden, bilden die Alpenpflanzen, welche der Anthocyan bildung uberhaupt fahig sind, diesen Farbstoff notgedrungen in großer Menge aus Deshalb auch die intensive Herbstfarbung der alpinen Heidelbeerblatter, die ganze Abhange feuerrot erscheinen lassen

Der bei niedriger Temperatur bestehende hohe *Zuckergehalt* der Alpenpflanzen hat aber noch eine weit großere Bedeutung Wie *Maximow* nachgewiesen hat, schutzt eine Zuckerlosung die Zellen verschiedener Pflanzen, sogar der gegen Kalte besonders empfind lichen Tropenpflanzen, in auffallender Weise gegen Erfrieren Dabei handelt es sich aber nicht etwa um die rein physikalische Gefrier punktserniedrigung infolge des hohern osmotischen Wertes der Zuk kerlosung, sondern um eine spezifische, physiologische Wirkung ver schiedener loslicher Kohlehydrate, eine Wirkung, die isotonische Lo sungen anorganischer Salze nicht haben

Da nun die Alpenpflanzen bei Temperaturen unter + 6° C noch stark assimilieren, jedoch keine Starke, sondern nur Zucker bilden, schutzt dieser ihr Plasma automatisch gegen den Tod durch Erfrie ren, automatisch deshalb, weil gleichzeitig, wenn die Temperatur sinkt, die etwa vorhandene Starke zu Zucker hydrolysiert und bei der Assimilation nur noch Zucker gebildet wird Diese Fahigkeit haben auch unsere Winterpflanzen der Ebene Solche Pflanzen sind im stande, in kurzer Zeit steif zu gefrieren und wieder aufzutauen, ohne die geringste Schadigung erkennen zu lassen, ohne also zu erfrieren Kann jedoch eine Pflanze die erforderliche Konzentration des schutzenden Zuckers nicht rasch genug erzeugen, so ist sie dem Tod durch Erfrieren preisgegeben

Ein weiterer chemischer Unterschied zwischen Alpen und Ebenen Individuen sonniger Standorte besteht darin, daß die alpinen einen viel geringern Gehalt an grunem Farbstoff, an *Chlorophyll* aufweisen Entgegen fruhern ungenauen Untersuchungen konnte Frl Dr *Henrici* einwandfrei feststellen, daß z B der Wundklee, Anthyllis vulneraria, pro 1 g Frischgewicht

ın der Ebene beı 250 m uber Meeı 60 %
ın den Alpen beı 2300 m ubeı Meer nur 40 %

der Chlorophyllmenge enthalt, dıe eıne ım Wınter hergestellte Chlorophyllosung der Nessel, Urtıca, aufweıst

Manche Alpenpflanzen, dıe sıch ın der Nahe des Schnees entwıckeln (Soldanella alpına, Prımula ıntegrıfolıa usw) enthalten allerdıngs ebensovıel oder noch mehr Chlorophyll als dıe Ebenen Pflanzen, namlıch 70—74 % Dıese Pflanzen der Schneetalchen verhalten sıch somıt ahnlıch wıe dıe Schattenpflanzen und dıe Schneebluher der Ebene Dıe Ursache scheınt wenıger auf der Intensıtat als vıelmehr auf der Qualıtat des Lıchtes zu beruhen, das vom Schnee reflektıert wırd und das gerade wıe das Lıcht, das das grune Laubdach der Baume passıert hat, relatıv arm ıst an rotgelben Strahlen Mıt zunehmender Erhebung uber dıe Meereshohe, also mıt zunehmender Lıchtıntensıtat, nımmt aber der Chlorophyllgehalt auch der alpınen Schneetalchenpflanzen ab

Es hat den Anscheın, als ob dıe Sonnenpflanze dank der reıchlıchen Zufuhr von Lıchtenergıe dıe Kohlensaureassımılatıon mıt eınem gerıngern Quantum von Chlorophyll bewerkstellıgen konne falls nıcht vıelleıcht auch hıeı dıe Salzzufuhr aus dem Boden mıt ım Spıele steht Jedenfalls beweıst deı gerınge Chlorophyllgehalt der alpınen Wıesenpflanzen, daß dıese ın noch hoherm Maße Sonnen-Indıvıduen sınd als ıhre Veıwandten ın deı Ebene

Als Sonnenpflanzen, d h als stark assımılıerende Gewachse erweısen sıch dıe Alpenpflanzen auch durch dıe *Organısatıon ıhrer Blatter* Dıese sınd nach den ausfuhrlıchen Untersuchungen meınes Schulers, L Lohr, durch großere Dıcke, dıchtern Bau und starkere Entwıcklung des Palısaden-Parenchyms ausgezeıchnet So zeıgten 75 % der untersuchten Sonnenblatter mıt zunehmendeı Meereshohe eıne Zunahme der Blattdıcke Es sıeht so aus, als ob dıe Baustoffe dıe ınfolge der Wachstumshemmung nıcht fur das Flachenwachstum verwendet werden konnen, zu eıner starkern Dıckenentwıcklung des Blattes fuhrten

Da das Wachstum der ganzen Pflanze durch dasjenıge der eınzelnen *Zellen* resp ıhrer Membranen bedıngt wırd, so muß, wenn das Wachstum des ganzen Organs, z B der Blatteı alpıner Pflanzen gerıng ıst, auch das Wachstum von deren eınzelnen Zellen gerıng seın Dıeser Schluß ıst fur dıe Auffassung der dıchten Struktur der alpınen Blatter von besondereı Bedeutung Wahrend sıch namlıch dıe unter der obern Epıdermıs befındlıchen Zellen vorwıegend ın der Rıchtung *senkrecht* zur Blattflache strecken und so zu Palısadenzellen werden, wachsen dıe gegen dıe Unterseıte der Blatter zu gelagerten Zellen vorwıegend ın der zur Blattflache *parallelen* Rıchtung, sıe werden dabeı mehr oder wenıger regelmaßıg sternformıg Je starker nun dıeses ıhr Wachstum ıst, desto langer ıhre Sternarme und um so großer dıe Maschen oder Interzellularraume, welche zwıschen den Zellen entstehen Eın Blatt mıt wohl entwıckeltem

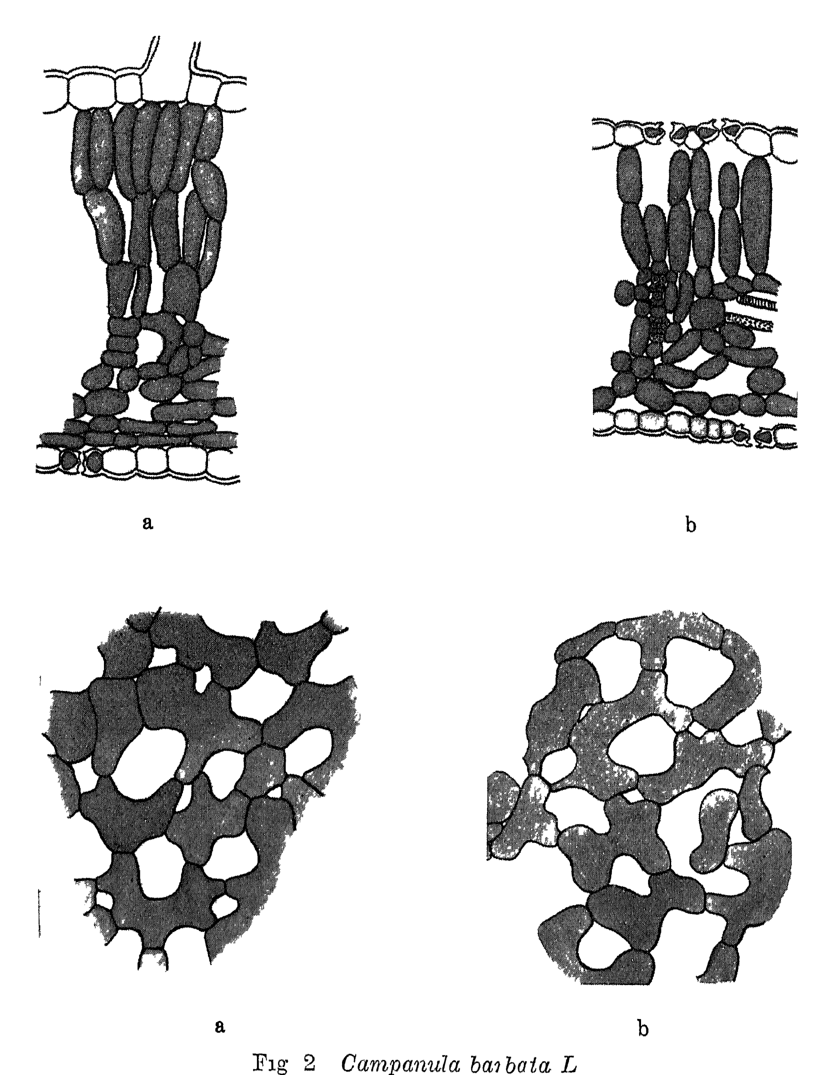


Fig 2 *Campanula barbata L*

oben Querschnitte durch das Blatt Vergr 220
unten Flachenschnitte durch das Schwammparenchym Vergr 340
a) des alpinen Individuums
b) des Tal Individuums } die in Fig 1 abgebildet sind

Schwammparenchym hat deshalb lockeren Bau Nun hat aber *Lohr* festgestellt, daß 68 % der von ihm untersuchten Pflanzen mit zunehmender Meereshohe das Schwammparenchym weniger typisch ausbilden, dafur aber ein gleich stark oder starker entwickeltes Pali

sadenparenchym entwickeln als die Pflanzen der tiefern Lagen Das Extrem wird in dieser Beziehung z B durch den Gletscher Hahnen fuß reprasentiert, dessen Blatter oft ausschließlich aus Palisadenzellen bestehen Welches jedoch der oder die außern Faktoren sind, welche die Bildung von Palisadenzellen fordern, wissen wir noch nicht *Bonnier* hatte geglaubt, sie auf den Reiz des Wechsels von Licht und Dunkelheit zuruckfuhren zu konnen Neuere, durch *Massart* ausgefuhrte Untersuchungen lassen aber *Bonnier*'s Schlusse zweifelhaft erscheinen Daß es sich aber moglicherweise um eine Reiz wirkung handelt, auf die das Blatt durch reichliche Ausbildung von Palisadenzellen reagiert, darf vielleicht aus der Tatsache geschlossen werden, daß schon *Leist Bonnier* und nach ihnen auch *Lohr* fur verschiedene Ebenen Pflanzen, z B Chenopodium Bonus Henricus, Acer Pseudoplatanus usw , in bedeutender Meereshohe eine Abnahme der Palisadenbildung feststellen konnten Demnach sind die optimalen Bedingungen fur die Palisadenbildung bei diesen Pflanzen in einer geringern Meereshohe realisiert als bei den hochalpinen

In den meisten Fallen, in denen eine Abnahme des Schwamm parenchyms und eine Zunahme des Palisadenparenchyms vorlag, konnte *Lohr* auch eine Abnahme des Volumens der Interzellular raume feststellen Er bediente sich dabei der Methode *Unger*s, die auf der Wagung des Blattes vor und nach seiner Injektion mit Wasser beruht *Lohr* fand, daß das Interzellularvolumen mit zunehmender Meereshohe abnimmt Wahrend es bei den an Schwammparenchym reichen Blattern der Ebenen-Pflanzen bis 40 % des gesamten Blatt volumens betragen kann, zeigen die Blatter von Pflanzen, die in der Nivalregion, d h uber 2800 m, gewachsen sind, mit geringen Aus nahmen (8%) ein Interzellularvolumen, das unter 21% des Ge samt Blattvolumens liegt Sie besitzen im Vergleich mit Pflanzen tieferer Standorte ein dichteres Blattgefuge, das fast ausschließlich aus langen Palisadenzellen besteht Weshalb trotz der Wachstums hemmung, die den dichtern Bau zur Folge hat, die Blattzellen der Nivalpflanzen zwar zu Palisadenzellen, jedoch nicht zu Schwamm parenchymzellen auswachsen konnen, ist eine noch ungeloste Frage

Aehnliche Fragen erheben sich angesichts der Tatsache, daß die Dicke der Epidermis — der außersten farblosen Zellschicht, welche das Blatt umschließt — bei 50 % der Pflanzen mit zunehmender Meereshohe eine Zunahme, bei 23 % dagegen eine Abnahme auf weist Es scheinen auch hier spezifische Reizreaktionen vorzuliegen, die noch keine allgemeinen Schlusse erlauben

Dagegen zeigt die Cuticula — die von der Außenwand der Epi dermiszellen ausgeschiedene Schicht — bei den Alpenpflanzen fast durchwegs eine großere Dicke als bei den Ebenen Pflanzen Dies ist offenbar eine Folge der reichlichen Bildung von Kohlehydraten Die dicke Cuticula verleiht den alpinen Blattern eine gewisse Derbheit und den Anschein des Xerophyten Charakters Ob jedoch ein solcher bei den Alpinen ebenso allgemein ist, wie die Verdickung der Cuticula

und das geringe Interzellularvolumen, soll nun im Zusammenhang mit dem Spaltöffnungsapparat und der Transpiration diskutiert werden.

Wie *Lohr* feststellen konnte, nimmt die Zahl der Pflanzen, deren Blattoberseite an Spaltöffnungen — dieser selbstregulierenden Poren für den Gaswechsel — reicher ist als die Unterseite, mit zunehmender Meereshöhe zu. Dies und die Tatsache, daß diese Oeffnungen pro Flächeneinheit in größerer Zahl als bei den Ebenen Pflanzen vorhanden und nie tief in das Blatt eingesenkt sind, das deutet auf stärkere Durchlüftung der alpinen Blätter hin und spricht durchaus gegen ihren Xerophyten-Charakter. Denn wirkliche Trockenpflanzen sind durch kleine Spaltöffnungszahlen charakterisiert. Der starken Durchlüftung der alpinen Blätter entspricht aber auch eine starke Transpiration. So zeigte z. B. der Gletscher-Hahnenfuß, dessen Blätter fast ausschließlich aus Palisadenzellen bestehen und auf Ober- und Unterseite Spaltöffnungen haben, unter allen von mir untersuchten Alpenpflanzen bei Tage die stärkste Transpiration. Und doch wurde gerade er, wie übrigens die meisten Alpenpflanzen, als Trockenpflanze, als Xerophyt, bezeichnet.

Unter solchen verstand man ursprünglich rein *biologisch* solche Gewächse, welche an trockenen Standorten, z. B. auf trockenen Felsen oder in Wüsten wachsen. Von ihrem Habitus abstrahierte man dann später einen bestimmten *morphologisch-anatomischen* Typus, der durch gedrungenen Wuchs, kleine Blätter, dicke Epidermis und Cuticula, geringe Zahl der Spaltöffnungen, durch dichten Blattbau und das Vorherrschen der Palisadenzellen charakterisiert wurde. Diesen Begriff hat besonders *Schimper* in seiner Pflanzengeographie viel verwendet und darin auch die Alpenpflanzen als Xerophyten bezeichnet. Da Versuche ergeben hatten, daß wirkliche Xerophyten wie *Sempervivum* usw., sehr wenig transpirieren, war ich höchst erstaunt, als ich bei den meisten Alpenpflanzen, diesen sogenannten Xerophyten, höhere Transpirationswerte fand als bei den Wiesenpflanzen der Ebene, ja sogar höhere als bei typisch hygrophilen Schattenpflanzen. Entweder paßt also die Bezeichnung Xerophyten für die Alpenpflanzen nicht, oder es ist in der Definition des Begriffes der Xero- und Hygrophyten etwas nicht in Ordnung.

An diesem Orte auf die verwickelte Frage einzutreten, welche Pflanzen man eigentlich als Xerophyten und welche man als Feuchtigkeitspflanzen bezeichnen soll, würde hier zu weit führen. Ich muß mich mit der Feststellung begnügen, daß neben einer allerdings kleinen Zahl von unbestreitbaren Xerophyten, wie Hauswurz und einiger Steinbrecharten, die Alpenpflanzen keine Xerophyten sind, sondern durch ihre Spaltöffnungen meist viel mehr Wasser abgeben als entsprechende Pflanzen der Ebene. Das, was man bisher fast allgemein als Xerophytenmerkmale der Alpenpflanzen aufgefaßt hat, speziell den gedrungenen Wuchs, das dichte Gewebe und die dicke Cuticula, muß auf Grund der physiologischen Untersuchungen als Folge reichlicher Kohlensäureassimilation bei relativ geringer Salzzufuhr und

starker Wachstumshemmung durch intensives Licht und niedrige Temperatur betrachtet werden. Vielleicht wirkt der starke und oft rasche Wechsel von hoher mit tiefer Temperatur und von intensivem Licht mit Dunkelheit auch als morphogener Reiz, der die Differenzierung der Blattzellen zu Palisaden zur Folge hat. Gerade hierüber sind jedoch die Akten noch nicht geschlossen.

Obwohl wir also in dieser Richtung noch nicht klar sehen, erscheint die Frage der Anpassung der Alpenpflanzen an das alpine Klima in einem etwas andern Licht als bisher. Die alpinen Gewächse sind mit ihrem Zwerg- und Spalierwuchs und ihren leuchtend roten und blauen Blüten keine Produkte der natürlichen Auslese, in dem Sinne etwa, daß sich nur solche Spezies im Alpenklima halten konnten, welche leuchtende Blumen ausbildeten und deshalb von den bestäubenden Insekten nicht übersehen wurden, und welche klein blieben und deshalb nicht erfroren, oder endlich, welche ein gegen niedere Temperaturen besonders widerstandsfähiges Protoplasma aufwiesen. Ihr niedriger Wuchs ist vielmehr, ebenso wie ihr dichtes Gewebe, die notwendige Folge der Wachstumshemmung durch das alpine Klima, ihre Kälteresistenz und ihr Reichtum an rotem und blauem Anthocyan eine ebenso notwendige Folge ihres Reichtums an gelösten Kohlehydraten, die in Folge der häufig vorkommenden Temperaturen unter + 6° C nicht zu Stärke kondensiert werden können.

Es handelt sich also bei der Anpassung der Pflanzen an das Alpenklima nicht um sogenannte direkte Bewirkung und zielstrebige Zweckmäßigkeit. Vielmehr ist das, was wir an ihnen für zweckmäßig betrachten, eine notwendige Folge der allgemeinen Organisation der Pflanzen und der Bedingungen, unter welchen sich ihre chemisch-physiologischen Umsetzungen in den Alpen abspielen müssen. Daneben scheinen aber auch Reizwirkungen im Spiele zu sein, auf welche der pflanzliche Organismus nicht in chemisch-quantitativer, sondern in spezifisch physiologischer Weise reagiert. Dadurch beweisen aber die Alpenpflanzen, daß sie keineswegs nur Produkte ihres alpinen Milieus sind. Sie erweisen sich vielmehr als ausgesprochene Individualitäten, deren genaue physiologische Analyse eine reizvolle Aufgabe noch mancher weitern Untersuchung bilden wird.

Literatur

1895 Bonnier G. Annales d. Sc. nat. Bot. 7. ser. Vol. 20. S. 217 ff. — 1918 Henrici M. Verhandl. Naturf. Ges. Basel. Bd. 30, S. 43—136. — 1921 Ebenda. Bd. 32. S. 107. — 1913 Klebs G. Handwörterbuch d. Naturw. Bd. 4, S. 289 ff. — 1889 Leist K. Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern. S. 159—201. — 1919 Lohr P. L. Recueil des travaux bot. néerland. Vol. 16. S. 1 ff. — 1922 Massart J. Recueil de l'institut Errera. Vol. 10. S. 148—152. — 1912 Maximow N. A. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. Bd. 30. S. 52 ff. 293 ff. 504 ff. — 1899 Overton E. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 33. S. 215. — 1898 Schimper A. F. W. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. G. Fischer. Jena. — 1922 Senn G. Verhandl. d. Schweiz. Naturf. Ges. Jahresvers. in Bern. II. Teil. S. 154—168. — 1893 Vöchting H. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 25. S. 157 ff.

Die Flora des Davoser Landwassertales als Ausdruck seiner Climavarianten

Dr med et phil *Schibler* (Davos)

Es ist mit Recht gesagt worden, man brauche einem Botaniker nur das Herbarium eines ihm ganz unbekannten Landes vorzulegen und er sei im Stande uber das Clima desselben ganz bestimmte Aussagen zu machen Die an den Boden gebundene Pflanze, zu jeder Jahreszeit allen elementaren Einflussen ausgesetzt, kann sich ihnen nicht wie das Tier und der Mensch mit freier Beweglichkeit entziehen So muß sich auch in der Flora eines Gebietes sein Clima wiederspiegeln Pflanzengeographie Pflanzensociologie, Vegetationsschilderungen einer Gegend sind daher ohne Darlegung ihrer climatischen Verhaltnisse undenkbar In Tiefebenen, oder auch auf weithin gleichmaßig sich erstreckenden Hochebenen wird das Clima, die es bedingenden Faktoren, Luftdruck, Warme, Sonnenstrahlung, Niederschlage, Winde, Bewolkung Luftfeuchtigkeit etc sich auf großen Strecken nur wenig und langsam verandern, und dem entsprechend unendliche Flachen sich mit demselben Wald, Grasflur, Moostundra, Wustenvegetation uberziehen Anders im Hochgebirge! Der orographische Aufbau des Landes in seiner unendlichen Mannigfaltigkeit schafft großte Gegensatze, die auf kurze Strecken die einzelnen climatischen Factoren beeinflussen, verandern mussen Steht fast die ganze Schweiz noch unter dem Einfluß des atlantischen Meeres und seines oceanischen Climas, mit seiner Regenfulle und gemaßigten Extremen, und fuhlen wir diesen Einfluß noch bis ins hintere Prattigau, so gehort Davos schon mehr dem bundnerischen Hochboden an, mit seinem eigenen, dem kontinentalen genaherten Clima, trocken mit relativ warmem Sommer und kaltem, schneereichem Winter Klosters hat 125 cm Niederschlag Davos Platz dem Prattigau noch ganz benachbart, bloß noch 93 cm, und im untern Teile des Landwassertales naher seiner Ausmundung ins Albulatal sind es noch weniger — bloß noch 80cm Oft kann man die drauende Wolkenwand, aus der Tiefe des Talkessels von Klosters uber die Paßschwelle des „Wolfgang“ sich heranwalzen sehen, doch uber dem plotzlich sich

weitenden Hochtale von Davos angelangt, zerteilen sich die Massen, lösen sich auf, oder schleichen den Bergflanken entlang um aufsteigend sich höher um die Gipfel zu lagern. Der Paß des „Wolfgang", entstanden durch einen postglacialen Bergsturz von der Todtalp, — man wäre fast geneigt zu sagen unnatürlich, die Täler der Landquart und des Landwassers, Davos und Prättigau, die zusammen gehören, voneinander scheidend — ist auch floristisch bedeutsam. Dahinter, abgeriegelt durch die Schuttmassen liegt der Davosersee, eigentlich ein ersoffenes Tal, das sich einst über Frauenkirch hinaus erstreckte. 1560 m hoch gelegen, senkt es sich von hier ab erst breit und flach, ein mit Alluvium erfüllter See, von Glaris ab sich immer mehr verengernd bis zu 1000 m unweit der berühmten Landwasserbrücke der Rhätischen Bahn, zuletzt in oft unzugänglicher Cañon ähnlicher Schlucht. In der Gegend von Glaris muß die alte Wasserscheide bestanden haben zwischen Landquart und Albula, bis der gestaute See seinen Ausgang nicht nach Osten zu seiner alten Mutter, der Landquart, sondern nach Westen durch die junge malerische Erosionsschlucht, der Züge" nach der Albula schuf und dadurch Davos in innigere Verbindung mit Innerrhätien trat. Aber heute noch ist hier „in den Zügen" eine climatische und Floragrenze zu spüren. Je näher wir dem Albulatal kommen desto trockener wird das Clima desto xerothermer die Flora. Seitentäler führen aus dem Haupttal bis an den Fuß der Gletscher, und Gipfel die in die nivale Region hineinreichen, umkränzen es von allen Seiten. Das Clima einer so wechselvoll gegliederten Landschaft kann daher durch die Beobachtungen einer einzigen meteorologischen Station nicht festgelegt werden, und was die Station von Davos Platz, mitten in der subalpinen Nadelwaldregion bei 1560 m gelegen, aussagt, gilt eigentlich nur für diesen Ort. Aber auch hier am Ort schon Gegensätze! Wenn im Winter die schweren, kalten Luftmassen zum Landwasser dem tiefsten Punkte sich senken, brauchen wir am Berghang nur 100 m aufwärts zu steigen um 5—10° Wärmeunterschied zu constatieren. In wie mancher Winternacht habe ich mit fast erfrorenen Ohren und Nase das Landwasser passiert, und etwa nach Clavadel aufwärts strebend im Walde angelangt, geglaubt mich in warmer Stube zu befinden. Dann die verschiedene Lage zur Sonne. Wenn rechts vom Landwasser, auf der Sonnenseite im Frühling schon die Wiesen grünen, Crocus blüht und Gentianen unter strahlendem blauen Himmel, liegt die linke die „Lizzi" seite der Davoser noch wochenlang unter Schnee. Daher haben die alten Bauern auch alle ihre Heimwesen fast nur auf der „Sunni" seite erstellt. In den schmalen Seitentälern erreicht die Sonne im Winter nur kurze Zeit den Talboden, der Wald geht noch heute auf der Schattenseite fast überall bis zum Talbach herab, und wenn im Haupttal im Frühling schon lange auf trockener Straße der Wagen fährt gleitet da noch der Schlitten — aber auch hier haust hoch oben auf sonnigen Halden, inmitten seiner Wiesen und Aecker der Bauer, welcher die

Vorzüge des Abhangclimas schon lange erkannt hatte, bevor die Meteorologie sich mit ihm beschäftigte.

Verfolgen wir den Wald, die mächtigste Vegetationsform und Ausdruck des subalpinen Climas bis in die Hintergründe des Tales, sind wir erstaunt zu sehen, wie er plötzlich in der Talsohle aufhört, während an den Talseiten er sich noch hoch hinaufzieht — eine Wirkung der von den Gletscher kommenden kalten austrocknenden Luftströmungen. Wo immer wir auch das Auge erheben, erblicken wir den Wald aber auch in den Höhen, begrenzt plötzlich aufhören, zwar nicht in einer geraden, sondern vielfach eingebuchteten, ein und ausspringenden Linie — der Waldgrenze. Sie ist sicher auch eine wichtige climatische Grenze, die der Mensch allerdings oft durch das Hineinroden in den Wald von oben herab zerstört hat. Die Baumgrenze, die Verbindung zu einer Linie aller höchstansteigenden Bäume gibt uns aber ein richtigeres Bild des möglichen Baumlebens in unserm Tale. Sie liegt bei uns zwischen 2050—2250 m, also bedeutend höher als in den Voralpen, eine Wirkung des centralalpinen Climas. Immerhin gibt es noch manche Stellen an der Baumgrenze, unberührt vom Alpenbauern, dem es sich nicht verlohnte, den Wald zu roden um Holz und schlechte Weide zu gewinnen, wo uralte Arven und Lärchen, meist mit abgestorbenen Wipfeln oder ganz tot hoch in die Weide aufsteigen, und ringsum von Blitz und Sturm gefällte Stämme am Boden liegen, der Nachwuchs fehlt oder zur Grotzenform verdammt ist. Nach Erfahrung kann heutzutage Jungwuchs nur im Schutze des geschlossenen Waldes hochkommen, so daß wenn diese Veteranen einst auch dahingegangen sein werden die Hochalp wieder tiefer zu Tale gerückt sein wird. Hat sich somit das Clima in letzter Zeit verschlechtert? Leider besitzen wir über das Clima an der Baumgrenze keine Beobachtungen, nicht einmal Totalisatoren berichten uns über das Quantum der jährlichen Niederschläge. Aber das Schwanken der Baumgrenze innerhalb 2050—2250 m, ihr Hohersteigen in der Mitte der Seitentäler, ihr Aufsteigen an gegen Süden, Südwesten gewendeten Felspartien, in geschützten Tobeln, ihr Absteigen an von kalten Winden bestrichenen Talausgängen, ihr plötzliches Absinken im Hintergrund der Seitentäler belehrt uns auch hier über das Variieren verschiedener climatischer Factoren. Meist ist es nicht mehr die Fichte, obwohl sie 2150 m erreichen kann, sondern Arve und Lärche, die in schmalem Gürtel an der Grenze des Waldes stehen, die beiden Asiaten, die einst aus Sibirien, wo sie ungeheure Wälder bilden, congenial dem extremsten continentalen Clima, zu uns gekommen sind. Aus dem Walde vorbrechend, leitet ein Zwergstrauchgürtel je nach den oekologischen Bedingungen aus Alpenrose, Alpenerle, Callunaheide, oder wenn man die Bergföhre, die Latsche, zu den Sträuchern zählen will, aus Pinus montana prostrata bestehend, hinüber in eine neue climatische Provinz, in die alpine Region. Die Gewalt der meteorologischen

Phanomene erlaubt keinen Baumwuchs mehr, und die Vegetation Krauter und die wenigen Strauchlein suchen den Schutz und die Warme des Bodens 600—700 m erstreckt sich diese alpine Wiesenregion in die Hohe, von Mitte Juni ab, mit dem weichenden Schnee unter der scharfen strahlenden Sonne tausendfaltig mit den reinen, vielfarbigen Bluten dieser Region sich schmuckend, je nach der Unterlage den Pflanzengesellschaften des Curvuletums der Fett krautweide, des Nardetums, der Schneetalchenflora, dem Seslerieto Sempervireturn, dem Semperviretum etc angehorig Wie durch einen Garten hindurch steigen wir an uber weithin gestreckte Fluren, bis endlich die Wiese sich zu zerteilen anfangt sich auflost nur ein Pionierrasen sich noch in immer ausgedehntere Schutthalden, auf Felsgrate hinauf und hineinzwangt und wir die ersten perennie renden Schneeflachen erreichen Wieder eine neue climatische Stufe, die nivale Region beginnt, in der die Sonnenwarme nicht mehr genugt, um den Winterschnee wegzuschmelzen In der Theorie stellt man sich diese Schneegrenze leicht als eine Linie vor die sich etwa parallel der Waldgrenze um die Berghange legt Nichts davon noch niemand hat sie so bei uns gesehen, wie sie *Hans Meier* in seinen Andenansichten als nach unten gerade abgeschnittene Linie am wunderbar regelmaßigen Firnhaupt des Pic von Orizaba erkennen laßt Nur durch bald tiefer bald hoher gelegene Firnflachen zwischen denen sich weit breitere apere Streifen und Kamme bis zu den meist schneefreien Gipfeln hinanziehen, ist in unserem oro graphisch so mannigfach gestalteten Terrain die Schneegrenze be zeichnet, nur in der Grenzkette gegen das Engadin dehnen sich um den Piz Vadred weite Gletschergebiete aus, aber auch hier ragen die Gipfel als Nunataker aus dem Eise empor Die Verbindung dieser untersten Schneeflecke mußte eine Linie ergeben noch viel unregelmaßiger, buchtiger ausgezackt als die Baumgrenze, und ist diese gemaß der schon auf unserem kleinen Gebiete wechselnden klimatischen Verhaltnissen nicht uberall gleich hoch gelegen Sie ist in der Strelakette, rechts vom Landwasser auf 2750 m er rechnet worden, steigt links von demselben auf 2800 m, um in der Grenzkette 2850 m zu erreichen, womit auch ein jeweiliges Hohersteigen ± geschlossener Vegetation verbunden ist, sofern nicht locale Verhaltnisse, Schutthalden, Felsen dies verunmoglichen Das Clima der nivalen Region ist oft mit jenem des Arctis ver glichen worden, und zeigt so verschieden manche Faktoren auch sind Luftdruck, der permanente Sommertag, die lange Winternacht, die andere Sonnenstrahlung etc, doch auch gemeinsame Zuge im Verlauf der Warmecurve, der Art der Niederschlage, der Ausaperung usw daß es uns nicht wundern darf, wenn auch die Flora so viel Aehnliches in Physiognomie und Artengleichheit die freilich in letzter Linie auf ein geschichtliches Moment zuruckzufuhren ist darbietet Auf nicht weniger als ein Drittel hat *Christ* den Anteil arctisch nordischer Arten in der Alpenflora berechnet, und wenn

auch die nivale Region vielleicht keine einzige ihr allein zugehorige Pflanzenart besitzt, so zeigt sich doch ihre Verwandtschaft mit der Arctis darin, daß der Anteil der nordisch arctischen Arten in der Hohe steigt, und auf manchen Gipfeln mehr als die Halfte betragt

Aber auch innerhalb aller dieser climatischen Regionen zeigen sich eine ganze Abstufung von climatischen Faktoren, Localclimate die sich durch ihre eigentumliche Flora, Vegetation sofort verraten Stehen wir etwa auf dem Gipfel des Wuosthorns in Sertig uber 2800 m hoch, sehen wir den Nordhang absolut kahl unter uns liegen, kaum daß eine arctische Saxifraga oppositifolia oder ein Ranunculus glacialis vermogen uber Geroll und Grus obzusiegen, wahrend vor uns im Suden (Sud Westen, Sud Osten), warm in der Sonne liegend eine ganze Florula prangt Dechampsia caespitosa ist aus der Ebene bis hier hinaufgestiegen noch 2 Fuß hoch, Poa annua supina, Poa alpina, Carex sempervireus Agrostis rupestris, Carex curvulata etc schließen noch fast zum Rasen zusammen, und unter ihnen sind dazwischen schon bluhende Krauter Dort der Nordhang, fast jede Nacht gefroren spat am Tage auftauend laßt keine Keimpflanze aufkommen, hier im Suden die Erde unter der starken Insolation der Alpensonne sich rasch und kraftig erwarmend Manche Polster pflanzen entwickeln sogar Eigenwarme und schaffen gunstige Keim betten, die anderen Arten wieder ein Festsetzen und Entwicklung gestatten, und sind sie einmal erstarkt so bringen sie es zur Blute und Frucht trotz starkster Kaltegrade Schon Ende April habe ich auf dem Kl Schiahorn bei 2680 m eine ganze aufbluhende Colonie angetroffen, wo alles noch ringsum von Schnee und Eis erstarrte und jede Nacht der Boden gefror Wenn *Kyelmann* am Cap Tscheljuskin unter 80° N B beim Einwintern eine Cochlearia bluhend fand, und sie im Fruhling beim Wiederauftauen einfach ihren Lebensprozeß wieder aufnehmen sah, lassen sich ahnliche Vorkommnisse auch aus Davos berichten Wenn in warmen Herbsttagen die Vegetation in den Winter hinein sich verlangert, bluht Primulaelatior unter andern Arten oft ein zweites Mal im Jahr Ich sah sie erst im Dezember eingeschneit werden, im Fruhling waren wohl die damals offenen Bluten verwelkt, erfroren aber die Knospen derselben Dolde offneten nun ihre Blutenkronen, ohne im mindesten gelitten zu haben

Auf demselben Kl Schiahorn und in derselben Hohe (2680 m) wie die von mir zitierte Vorfruhlingsflora, gedeihen auf einem Schaf-lager seit mehr als einem Menschenalter unsere gemeine Brennessel (Urtica dioca) und der gute Heinrich (Chenopodium bonus Henricus) Pflanzen, die niemand hier suchen wurde, im Schutze desselben gun-stigen Lokalclimas – Schutz gegen Nordwinde, offene Lagen nach Suden

Ja sogar der Wald schiebt seine Vorposten in unglaubliche Hohen Am Hornli im Fluelatal schmiegt sich eine Larche von $1^1/_2$ m Hohe unter die Felsen des Gipfels 2440 m, am Witihornli in Sertig steht in einer Felsspalte noch eine $1^1/_2$ m hohe Fichte, wohl das hochste Vorkommen der Pinus Picea in den Alpen!

Und bis gegen 2600 m kann man in solchen gegen Süden geöffneten Felsklüften Rhododendron ferrugineum, Juniperus nana, Empetrum, am Wannengrat sogar eine Rosa glauca, deren Samen einst eine wandernde Drossel in ihren Dejectionen abgesetzt haben mag, und zarte Farne — Cystopteris fragilis, Aspidium spinulosum, Polypodium vulgare — beobachten, eine kleine Welt, die wir sonst erst wieder viele hundert Meter tiefer anzutreffen gewohnt sind.

Auch der Feld- und Gartenbau geht bis gegen die Waldgrenze hinan. Auf der Schatzalp werden noch bei 1860 m Kartoffeln geerntet, auf der Riederalp wird bei fast 1800 m noch die Gerste reif, und auf Abfallhaufen rings um die Baracken am Schiawang bei 2130 m habe ich sogar im ungünstigen Sommer 1924 Gerste, Hafer, Roggen in hohen Halmen und in Blüte gesammelt. Und mit ihnen war eine ganze Ruderalflora mitgewandert, die sonst nur wärmere Orte bewohnt. Unser Hirtentäschchen — Capsella bursa pastoris stand 1925 schon Mitte Mai wieder in Blüte. Freilich ist diese Flora nur unter der schützenden Hand des Menschen denkbar, zieht er sie ab, so wird in kurzer Zeit die alteinheimische alpine Bewohnerschaft die Eindringlinge wieder verjagt haben.

Trockenheit der Luft bei starker Insolation und Reichtum an chemisch wirksamen Sonnenstrahlen, die als Wachstumreiz fördernd wirken mögen, dürften das Gedeihen dieser Gewächse in solcher Höhe noch ermöglichen. Der größte Feind der hochhalmigen Getreidearten, und auch der in unsere Gärten aus Canada und Sibirien eingeführten Holzpflanzen — Populus, Caragana species etc., die bei uns trefflich gedeihen, ist der gelegentliche Sommerschnee. Unter seiner schweren Last beugen sich die einheimischen Laubholzgewächse elastisch, um nach der Catastrophe sich wieder zu erheben als ob nichts geschehen wäre. Die Fremdlinge, deren Heimat sommerliche Schneefälle kaum kennt, brechen spröde wie Glas und bleiben für immer verstümmelt, wenn auch ungebrochen in Lebenskraft.

Wir sind ins Tal zurückgekehrt und folgen dem Laufe des Landwassers durch ein heiteres Wiesengelände, das der Bauer meist in hartem Kampfe dem Nadelwald, den nur wenige Laubbäume und Sträucher, hie und da eine Birke, eine Zitterpappel, eine Traubenkirsche, Vogelbeere und Weide unterbrechen, abgerungen hat. Wenige Aecker sind der Wiese, die meist dem alpinen Typus des Trisetetum flavescentis, je nach der Unterlage verschieden ausgebildet, angehört, bis unter den Wald eingestreut. Der einst viel ausgedehntere Ackerbau ist nicht aus climatischen Gründen zurückgegangen, er hat der besser rentierenden Viehzucht weichen müssen.

Nun sind wir in der engen schattigen Schlucht „der Züge" angelangt, wo der Wald bis an den oft verschwindenden Fluß herabsteigt, die Straße dem Fels hat abgerungen werden müssen.

Lawinenreste dauern bis in den Sommer hinein, Alpenpflanzen aus Alpenhöhe heruntergetragen schmücken alle vom rieselnden Wasser feuchten Wände — Pinguicula alpina, Hieracium villosum, Rhodo-

dendron hirsutum, Carex firma, Saxifraga caesia, Crepis Jacquini etc — eine Artenassociation wie wir sie sonst erst fast 500 m hoher anzutreffen gewohnt sind Ueberall dusterer Nadelwald bis zur Talsohle herab die wir unterhalb dem Dorfe Wiesen in wenig uber 1000 m Meereshohe erreichen, nur unterbrochen von den Culturterrassen von Wiesen, Schmitten, Jennisberg 300 m ob dem tief eingeschnittenen Cañon gelegen Nichts von den hellen Buchenwaldern, den wundervollen Ahornbaumen, Eichen, Eschen, Ulmen des feuchten Prattigaus und der oceanischen Begleitflora mit ihren Waldmeistern (Asperula odorata taurina Epheu, Tamus, Impatiens, Sanicula, Spiraea, Galium silvaticum, Festuca silvatica und gigantea etc) Nur ein schmaler Streif von Grauerlen und hochwuchsigen Weiden mit ein paar mageren Stammchen des Bergahorns begleitet den tobenden Waldstrom Wie in den Zentralalpen bildet die Haselnuß Gruppen in den Wiesen und an Waldrandern unter den Dorfern, prachtige Rosengehege umsaumen sie und eine ganz andere Flora warmeliebender Pflanzen stellt sich ein und steigt hoch hinan in den , Zugen' Haselnuß Viburnum lantana, Stipa pennata, Lasiagrostis Calamagrostis, Seseli libanotis, die prachtige Tommasinia Coronilla, Emerus und vaginalis, Globularia vulgaris ssp Willkommii usw erreichen manchmal 1600 m und mehr Sehen wir naher zu so ist es nicht mehr die Fichte, welche alleinherrschend ist im Walde sondern die continentale Fohre welche ihr nun oft den Rang streitig macht hauptsachlich auf der Sonnenseite Wo die Fohre waldbildend, ob an der polaren Baumgrenze Lapplands, oder auf Meseten Spaniens und in den weiten Ebenen Nordostdeutschlands auftritt, sind wir uber den continentalen Charakter des Climas nicht in Zweifel Schon bei Clavadel und ob Glaris stehen die ersten Haine, aber erst in den Zugen und hinaus ins Albulatal wird sie waldbildend und steigt in Formen, die an die P silvestris engadinensis erinnern bis 2000 m nahe der Waldgrenze In diesen warmen Fohrenwaldern begegnen wir haufig unter andern Xerothermen einer Pflanze, deren Dasein an dieser Stelle ein Ratsel erscheint Es ist Astragalus monspessulanus, deren Name schon auf das Mediterraneum hinweist Nur hier und durch das Albulatal ins Hinterrheintal hinaus bis Bonaduz und Ems, ohne Chur zu erreichen, ist sie bekannt nordwarts der Alpen

Schon *Christ* in seinem klassischen Pflanzenleben der Schweiz zitiert die Pflanze fur das wenige Kilometer abwarts im Albulatal gelegene Tiefenkastel mit den Worten „Wenn man von dem kalten Plateau der Lenzerheide in diese kraterformige Talsenkung hinabtaucht, so gelangt man aus der Region der Legfohre in eine Tiefe, wo uns die Glut eines Hochofens umfangt und wo Astragalus Monspessulanus, Libanotis Allium pulchellum Tommasinia Zeugnis von dem Clima einer Taldepression ablegen die uns an die brunnenartig eingesenkten Oasen der hohen Plateaus von Chorosan erinnert, wo *Bunge* inmitten des rauhen Tafellandes die subtropischen

Culturpflanzen vorfand “ Hier aber erreicht sie bei Wiesen 1400 m am Weg nach Falein ob Filisur gar 1500 m, nirgends steigt sie nordwarts der Alpen so hoch, nur die Libanotis ubertrifft sie und Tommasinia bleibt ob Barentritt bei 1350 m zuruck Wie kommt die Pflanze hieher? Ihr Same besitzt keine Verbreitungsmittel irgend welcher Art Die Tommasinia, die Centaurea cirrhosa das in Davos so verbreitete Lascripitium Gaudini, deren Herkunft auch auf den Suden und Sudosten der Alpenkette weist, besitzen geflugelte Fruchte und konnten die Passe eventuell mit Hulfe des Windes forciert haben *Brockmann* hilft sich mit der Hypothese romische Legionare und Kaufleute hatten einst die Pflanze im Heu fur Pferde und Maultiere oder im Packstroh uber die Alpen geschleppt und unterwegs den Samen ausgestreut Ohne weiter auf den Gegenstand einzutreten und den Weg zu verfolgen, den die Pflanze genommen hat — nachste Standorte im Suden sudliches Tessin — Comersee, — oberes Etschtal — will ich nur bemerken, daß fast immer in ihrer Begleitung sich ein Schmetterling findet die Lycaema Escheri, ein hubscher Blauling, deren Raupe auf den Astragalus angewiesen scheint, wo ich sie immer gefunden und daraus den Schmetterling erzogen habe Ueberall im Suden so im Wallis, an der Riviera in Appennin finden sich Pflanze und Schmetterling zusammen Es ist nicht leicht einzusehen daß beide zugleich einst die Alpen passiv uberschritten hatten, naher liegt die Annahme, daß es einst der Pflanze unter anderen gunstigern klimatischen Verhaltnissen moglich war die Alpenpasse zu bezwingen — unter den heute bestehenden halte ich es fur unmoglich — und daß das Tier langsamer seiner Futterpflanze gefolgt sei Schon *Briquet* und andere haben das Vorkommen solcher Colonien xerothermer, warmeliebender Pflanzen inmitten einer alpinen Umgebung als Relikte einer nacheiszeitlichen, wenn nicht interglacialen warmeren Climaperiode als der heutigen erklart Vor allem haben aber schwedische Forscher — *Blytt Sernander* etc — stringente Beweise dafur vor allem durch die Pollenuntersuchungen in den schwedischen Hochmooren erbracht — und ihre Resultate sind seither auch in Danemark, Deutschland etc bestatigt worden Sie haben unter anderem nachgewiesen daß die Haselnuß, die Trapa etc einst in Schweden viel nordlicher vorhanden waren, als heutzutage Wie vorsichtig man aber sein muß in der Verallgemeinerung von ortlichen Funden zur Formulierung einer Hypothese lehrt hier ein Weg von wenigen Schritten Hier diesseits einer Bachschlucht Fohrenwald mit seinen Xerophyten, dort jenseits in Nordostlage Fichtenwald mit Rhododendron hirsutum als Unterholz bis 1000 m heruntergehend und mit ihr Dryas an Felsen dieselbe Dryas die in den glacialen Dryasthonen als palaeontologischer Beweis fur glaciale Umgebung und Clima dient Astragalus und Dryas konnten hier leicht in derselben Schicht geborgen werden, und so einst Climatologen und Geologen vor ein Ratsel stellen

Die Erscheinung so verschiedener Florenelemente, denen wir bisher begegnet sind (alpiner — boreal arctischer — europaisch sibirischer — die Xerothermen als sarmatisch pontisch mediterrane bezeichnet) hat uns unwillkurlich zu der Florengeschichte unseres Gebietes, die zu gleich auch die Geschichte seiner Climawandlungen ist gefuhrt Als zu Ende der Tertiarzeit das Clima immer kalter und wohl auch feuchter (?) wurde, ruckten die Gletscher alles uberflutend aus den Talern weit ins Vorland hinaus, und vernichteten die alte Flora, sofern sie nicht ausweichen konnte, und zumeist in Ost und West und Sud auf gletscherfreiem Boden — in den lieux de refuge — eine Zuflucht fand *Christ* erblickt in den duftenden Primeln den leuchtenden Gentianen noch Ahnen dieser alten Flora In Davos das der Gletscher ganz erfullte bis zu 2300 m und daruber, zu dem Firnfelder von allen Seiten als Nahrgebiete des Eises sich hernieder senkten woraus die damals viel hohern Berge, steile Felsen, wahre Nunatakker im Binneneis wie heute noch in Gronland, herausragten mag davon nicht viel ubrig geblieben sein Aber auch von Norden reichte damals der Fenno scandinavische Eisschild bis in die Mitte Deutschlands, und auf dem schmalen Tundragebiet zwischen alpiner und nordischer Vereisung begegneten sich und mischten sich die Floren, die auch vertriebene Arcto boreale mit der alten alpinen Tertiarflora Mehrmals tobte der Kampf hin und her Ruckzug der Gletscher, Wiedereinstromen der Flora neuer Vorstoß des Eises Ruckzug der Floren, wohl immer mit Verlust in ihre Refugien Endlich neue Erwarmung, die letzte — oder ist es nur eine Inter glacialzeit? — und nun nimmt die alpine Flora wieder definitiv Besitz von den Hohen, vermehrt durch Zustromen aus den Refugien in Ost und West eine Wanderung die sich auf unserm Gebiete be gegnet und wohl noch nicht aufgehort hat (ostl Arten Dianthus glacialis Crepis Jacquini, Valeriana supina, Senecio rupester, etc) Aber auch die rein boreal arctischen Arten folgen in großer Zahl dem weichenden alpinen Gletscher vielleicht beson ders die Moranen als Einwanderungsstraße benutzend, und mengen sich mit den alpinen, und geben der heute sogenannten alpinen Flora ein von der alten tertiaren gewiß abweichendes Geprage Die Verluste, die diese erlitten mogen teilweise ersetzt worden sein nicht aber die Schonheit Der neue, fast ganz jungfrauliche Boden, die neuen climatischen Bedingungen gaben wohl auch den Anreiz zu neuer Artenbildung — ich erinnere nur an das Kleinarten gewimmel in den genera Alchimilla, Hieracium etc, an denen Davos auch so reich ist So in der Hohe In den untern Regionen ruckte indessen die ebenfalls vertriebene Flora des ausgehenden Tertiars Europa Sibiriens deren Zufluchtsorte wahrend der Diluvialzeit wir nur teilweise kennen und vermuten konnen, wieder ein mit ihr der Hauptreprasentant, der Wald, zuerst wohl die Birke Fohre, Larche Arve, zuletzt die Fichte Ob die nacheiszeitlichen Climaschwankungen die im Norden wohl sicher festgestellt sind, sich auch mit jenen

in den Alpen parallelisieren werden lassen ist eine andere Frage Vielleicht helfen auch hier systematische Mooruntersuchungen weiter, fur Davos kame das Hochmoor im Laret in Betracht Die Konfiguration Skandinaviens und der Alpen, ihre Lage zum Ozean etc sind so verschieden, daß eine Climaanderung an einem Orte nicht absolut eine ganz gleiche und in gleichem Ausmaße und Sinne im andern bedingen muß Aber daß auch in den Alpen seit dem Diluvium das Clima nicht gleichmaßig sich zum heutigen entwickelt hat, ist wohl ebenfalls sicher nachgewiesen Auch in Davos durfte das Clima einst einen noch kontinentaleren Charakter besessen haben, damals als die Fohre die Herrschaft fuhrte und mit oder nach ihr die xerothermischen Arten einwanderten aus Suden und Sudosten, um dann wieder in einer nachfolgenden kuhleren, feuchteren Periode in die warmsten Talwinkel eingeengt zu werden Auch der Wald durfte fruher hoher gegangen sein, um spater wieder von seiner oberen Grenze herabgedruckt zu werden

So als Folge und Produkt verschiedenster klimatischer Einflusse nach Zeit und Ort erklart sich nur die heutige reiche Entwicklung und Zusammensetzung der Flora des Davoser Landwassertales eines Gebietes das ich auf etwa 400 □ Kilometer schatze, mit etwa 1100 Arten Gefaßpflanzen, die zum allerwenigsten alteinheimisch sind sondern erst nacheiszeitlich eingewandert aus verschiedensten Gegenden wie die Kurgaste, welche heute nach Davos kommen und hier auch — wenn ich als Arzt noch ein Wort sagen soll — wie die Pflanzen das ihnen zusagende Lokalclima finden mogen

Baumgrenze und Klimacharakter in den Tropen

Von Prof *Stomps* Amsterdam

Ich muß gestehen, uber obiges Thema kaum nachgedacht zu haben, als ich im Jahre 1923 eine großere Reise nach Ceylon und Hollandisch Indien antrat Es ist allgemein bekannt, daß die Baumgrenze, also die Linie, wo der Baumwuchs aufhort und die Region der alpinen Straucher und Wiesen anfangt, bereits in der Schweiz sehr verschieden hoch liegt, je nach dem Ort, wo man sich befindet In der Nordschweiz liegt sie bei etwa 1650—1700 m, im Suden bei etwa 2000 m, im Engadin sogar bei 2250 m Alles spricht dafur, daß es der kontinentalere Charakter der Landschaft ist, der hier die hohere Baumgrenze bedingt Als ich im Jahre 1913 die Rocky Mountains im stark kontinentalen Innern der Vereinigten Staaten besuchte, fand ich dort die Baumgrenze auf den Bergen Pikes Peak und Mount Garfield bei etwa 3300 m! Was die Tropen aber anbetrifft, so stellt ich vor, daß das Klima dort so warm sei, daß soga f ihren Gipfeln Baume tragen konnen aumgrenze in den Tropen sogar unge ich wahrend meiner oben genannten Reise erfahren und mochte ich jetzt kurz besprechen

Als ich auf meiner Reise nach Ceylon gekommen war und den botanischen Garten von Peradeniya besuchte empfahl der liebenswurdige Direktor des letztern, *F A Stockdale* mir u a eine Exkursion in das sudliche Gebirgsland von Ceylon, indem er hinzufugte, es ware dort noch ein Problem zu losen Er meinte damit das Vorkommen, inmitten des Urwaldes, der eigentumlichen mit Gras bedeckten offenen Stellen, welche unter dem Namen Patanas bekannt sind Die herrschende Meinung uber diese Patanas ist, daß man es hier mit einer Art Savanne zu tun habe, aber sekundaren Ursprunges, hervorgerufen durch wiederholtes Abbrennen der Landschaft durch die Eingeborenen und deshalb vergleichbar den Lalang Feldern Javas und den Grasebenen der Batta-Lander im Norden von Sumatra Liest man aber nach, was zum Beispiel *J C Willis* in seinem Buche uber Ceylon in Bezug auf die Patanas sagt, so fangt man bereits an zu zweifeln „The theory, with most to be said for it", sagt Willis „supposes that

the patanas began as small patches and have gradually extended to their present enormous extent by the continual firing of them which is done by the graziers, for cattle will not eat the coarse mature grass which grows upon them, but will only eat the young and tender shoots that spring up after a fire." Also waren die Patanas doch ursprünglich anwesend gewesen und nur durch den Einfluß des Menschen allmählich größer geworden? Ich benutze gerne die Gelegenheit, die Frage des näheren zu untersuchen und machte mich sofort auf den Weg in Begleitung des singhalesischen Pflanzensammlers des botanischen Gartens Peradeniya *Migel de Silva* und mit drei Kulis, die in zuvorkommendster Weise zu meiner Verfügung gestellt wurden.

Das Gebirgsmassiv im Zentrum von Ceylon hat man sich aufgebaut denken aus ungefähr Nord-Süd verlaufenden parallelen Ketten, welche sich im Süden, wo man die höchsten Erhebungen der Insel findet (im Westen Adams Peak 2241 m, dann Kirigalpota 2387 m, Tolupolla 2351 m, schließlich im Osten Pidurutalagalla 2538 m) miteinander vereinigen. Steil fällt hier das Gebirge gegen die Tiefebene Süd-Ceylons ab. Die Flüsse verlaufen durchweg nach Norden in den Tälern zwischen den parallelen Gebirgsketten. Meine Reiseroute ist nun folgende gewesen: Zuerst im Tal der Mahaweliganga, an dem Peradeniya liegt, aufwärts bis Hatton, dann ostwärts durch ein Tunnel bis zum Tal des Kotmale-oya, schließlich in diesem aufwärts bis Pattipola (1903 m), wo man in unmittelbarer Nähe des Tolupolla ist und die Bahn wieder in ein Tunnel tritt, das am Südabhang des Gebirges mündet. Von Pattipola aus machte ich dann eine prächtige Exkursion durch die sogenannten Hortonplains, welche man sich im Südrand des Gebirges zwischen Tolupolla und Kirigalpota denken muß. Meinen Rückweg von Pattipola nach Peradeniya nahm ich über Hakgalla, wo sich eine Dependance des botanischen Gartens Peradeniya findet und von wo aus ich den Hakgallapeak erstieg, und über Nurelia am Fuße des Pidurutalagalla, des höchsten Gipfels auf Ceylon, den ich zum Schlusse auch noch erstieg.

Bereits bevor ich Pattipola erreichte, konnte ich mit den Patanas Bekanntschaft machen. Unterhalb 1500 m findet man gegenwärtig im Gebirge von Ceylon eigentlich nur Teeplantagen, in denen ich anfänglich häufig den Gummibaum als Schattenpflanze beobachtete, später, als wir höher gekommen waren, Grevillea robusta, Arten von Eucalyptus usw. Nur hier und dort entdeckt das Auge ein Fleckchen mit wildwachsenden Pflanzen, Ueberreste des früheren Urwaldes. Oberhalb 1500 m aber, wo seit 1875 auf Veranlassung von Sir *Joseph Hooker* sogar kein Wald mehr gerodet werden darf, ist der größte Teil der Landschaft intakt geblieben und erblickt man von der Bahnlinie aus überall Wald und mit diesem abwechselnd Patanas. Besonders die „Horton plains" sind eine herrliche Gegend, wo man bis auf das hier in einer Höhe von etwa 2200 m erbaute Rasthaus vom Einfluß des Menschen nichts spürt. Elephanten noch vorkommen sollen

und Leopard, Wildschwein und Hirsche jedenfalls durch ihre Spuren ihre Anwesenheit verraten.

Der Weg von Pattipola nach dem Rasthaus inmitten der Horton plains führt bald durch den Wald, bald über Patanas und es war mir unmöglich den Eindruck zu bekommen, daß der Mensch an dem Auftreten dieser letztern Schuld sei. Manchmal waren sie groß und konnten dann eventuell als Weideplätze dienen, manchmal aber auch klein oder gar sehr klein und rings von Wald umgeben. Die Grenze gegen den Wald war immer merkwürdig scharf und ein Schritt genügte, so zu sagen, um von der einen Pflanzengesellschaft in die andere hinüberzutreten. Nirgends fand ich in den Patanas Reste eines frühern Waldes, nirgends am Waldrande Andeutungen früherer Feuersbrünste etc. Dabei stellte es sich heraus, daß die Pflanzen des Waldes bis auf einige Wegrandunkräuter total andere sind als diejenigen der Patanas, wie aus dem folgenden des nähern hervorgehen möge.

Was zunächst den Wald anbetrifft, so möchte ich vor allem die Bemerkung machen, daß er durchaus keinen üppigen Eindruck machte, sondern mich eher an das Krummholz unserer Alpen erinnerte. Knorrig stehen die Stämme da, knorrig sind die lange Bärte von Usnea tragenden Aeste, pinienartig bieten sich die Kronen dar. Einen wichtigen Charakterzug bilden die vielen Laurineen. Auffallende Baumgestalten sind Michelia nilagirica (weißblühende Magnolienart) und Calophyllum Walkeri, der Kinatree der Eingeborenen. Weiter erwähne ich Eurya japonica, die äußerst wichtige zur Rosaceen gehörige Art Photinia Notoniana, Symplocos furcata usw. Den Unterwuchs bildeten bald kleine Bambusarten, bald Arten von Strobilanthes, die das Lieblingsfutter der Elephanten ausmachen und dadurch berühmt sind, daß nach einer langen, je nach der Art verschiedenen Periode von 6—16 Jahren sämtliche Pflanzen einer Gegend zu gleicher Zeit zum Blühen kommen. Lianen sah ich nur wenige und eigentlich erinnere ich mich nur an eine kletternde Pfefferart, Piper zeylanicum. Epiphyten dagegen waren noch ziemlich häufig, darunter Moose, Farnkräuter, das prächtige Lycopodium squarrosum und verschiedene Orchideen. In feuchten Schluchten erhoben sich die schlanken Stämme eines Baumfarnes. Sonstige Pflanzen des Waldes, meistens direkt am Waldwege beobachtet, waren das zarte Gras Isachne Kunthiana, das Polygonum chinense, der Hahnenfuß Ranunculus Wallichianus, die rosablütige Impatiens leptopoda, 3 oder 4 Arten von Melastomaceen, Plantago major asiatica, das strohgelbe Anaphalis oblonga, „the Ceylon Daisy“ Myriactis Wightii u. a.

Demgegenüber weist meine Liste in bezug auf die Patanas etwa folgende Pflanzen auf: das Farnkraut Gleichenia linearis, wieder ein Lycopodium, nl. cernuum, das Gras Andropogon zeylanicus, Carex Walkeri, Ranunculus sagittaefolius, Hypericum mysorense, Heracleum zeylanicum, Rubus lasiocarpus, Rhododendron arboreum, das zu den Vaccinien gehörige Gaultheria fragrantissima, den Enzian

Exacum zeylanicum, die Baldrianart Valeriana Mooneri usw. Mußte ich die Landschaft ganz kurz charakterisieren, so wurde ich sagen: eine Grasflur, trockener an den Abhangen, feuchter in den Niederungen, in der besonders das baumformige, mit großen, karminroten Blutenstanden versehene, in zerstreuten Exemplaren vorkommende Rhod. arboreum auffallt und sonst die strauchformigen Hypericum mysorense und Gaultheria fragrantissima wichtige Erscheinungen sind.

Und von dieser merkwurdigen Landschaft sollte man sich nun vorstellen, daß sie durch Feuersbrande entstanden sei? Ich bin zu einer andern Ansicht gelangt und mochte die These verteidigen, daß man es hier mit tropischen Matten und tropischen Alpenpflanzen und somit mit einer exzeptionell tief gelegenen Baumgrenze zu tun hat.

Dem Problem der wahren Natur der Patanas konnen wir auf verschiedenen Wegen naher treten. Erstens konnten wir von einem rein pflanzengeographischen Standpunkte ausgehen, zweitens mehr floristische Betrachtungen anstellen. Fangen wir mit letzterm an!

Da verdient wohl zu allererst das Rhododendron arboreum der Patanas unsere Aufmerksamkeit. Es erinnert uns sofort an die alpine Region in unsern Alpen, an den Strauchgurtel mit den Alpenrosen, den man zu durchschreiten hat, bevor man die eigentlichen Alpenweiden erreicht. Tatsachlich soll dasselbe Rhododendron im Himalaya oberhalb der Baumgrenze vorkommen. Spricht dies schon fur die alpine Natur der Patanas, so bin ich doch erst durch meinen Besuch des Gipfels des Pangerangos (3022 m) auf Java von derselben definitiv uberzeugt worden.

Wie allgemein bekannt ist, hat *Junghuhn* auf Java 4 Hohenregionen unterschieden, namlich erstens einen warmen Gurtel mit tropischem Klima bis 2000 Fuß, dann zweitens einen milden Gurtel mit einer mittleren Temperatur von 15—20°, die nie unter 0° sinkt, von 2000—4500 Fuß, sodann drittens einen kuhlen Gurtel von 4500 bis 7500 Fuß, gekennzeichnet durch Arten von Podocarpus (einer Koniferengattung), Laurineen und Eichen und mit einem Unterwuchs von Strobilanthes, Melastomaceen usw., zahlreichen epiphytischen Orchideen, Farnen, Moosen, Usneen, wenigen Lianen und einer Temperatur, die zuweilen unter 0° sinkt, schließlich viertens einen kalten Gurtel von 7500—10,000 Fuß, wo die Temperatur oft unter 0° fallt. Die dritte Region mochte ich unbedingt als subalpine Region betrachten, ihre obere Grenze, die eine mittlere Temperatur von 10° hat, wie die Baumgrenze in der Schweiz als Baumgrenze. Beobachtet man doch bereits am Sudabhang unserer Alpen, daß die subalpine Region nicht nur von Koniferen gebildet, die Baumgrenze nicht nur von Koniferen erreicht wird! *Junghuhn* selbst spricht daruber, daß seine vierte Region eine Untereinteilung in zwei Regionen zulassen wurde, aber er unterlaßt sie einmal, weil die funfte Region schließlich nur auf einigen der hochsten Bergspitzen Javas vorkommen wurde, und so

dann, weil die vierte und fünfte Region manchmal in ähnlicher Weise miteinander abwechseln, wie wir das oben für Wald und Patana auf Ceylon gesehen haben. Demgegenüber würde ich es von pflanzengeographischem Standpunkte aus für richtiger halten, die beiden Regionen getrennt und die erstere als alpinen Strauchgürtel, die zweite als alpine Grasflur zu betrachten. Elemente des Strauchgürtels, die ich auf dem Pangerango beobachtete, wären dann z. B. Myrica javanica (Gegenstück zu unserer Alpenerle), Eurya japonica, Photinia Notoniana, Rubus lineatus, Rhododendron retusum, Vacciniumarten, Symplocos sessiliflora, mit Clematis Leschenaultiana als Schlingpflanze — ich weise darauf hin, daß im Strauchgürtel der Alpen als einzige Schlingpflanze Clematis alpina vorkommt — und weiter einigen Epiphyten und Bodenpflanzen. Alpenblumen wären daneben etwa — die Grenze ist schwer zu ziehen — das Farnkraut Gleichenia dichotoma, Lycopodium clavatum, die Gräser Isachne pangerangensis und Agrostis Reinwardti, die Cyperaceen Carex hypsophila und Gahnia javanica, die Orchideen Platanthera Blumei und Thelymitra javanica, welche letztere zu einer typisch australischen Gattung gehört, Polygonum chinense, Ranunculus javanicus und diffusus, Hypericum Leschenaultianum, Gaultheria fragrantissima und zwei weitere Arten, Primula imperialis, die Enzianarten Sweertia javanica und Gentiana quadrifaria, Plantago major, Haßkarli, Valeriana Hartwegi, Myriactis nepalensis und das javanische Edelweiß (Anaphalis javanica), um einige durch die seinerzeit angestellten Kulturversuche *Teysmanns* eingeschleppte europäische Pflanzen unerwähnt zu lassen.

Man hat natürlich bereits gespürt, wie groß die Uebereinstimmung ist zwischen den hier gegebenen Listen und den oben für die Horton plains aufgestellten. Besonders interessant war mir das Vorkommen von Polygonum chinense und Gaultheria fragrantissima einerseits auf den Patanas, anderseits auf den höchsten Berggipfeln Javas, die Uebereinstimmung zwischen dem Hypericum mysorense der Patanas und dem H. Leschenaultianum des Pangerangos, zwischen der Ceylon Daisy und der auf dem Pangerango gefundenen Myriactis nepalensis, schließlich das Vorkommen von Eurya japonica, Photinia Notoniana, Symplocosarten sowohl im Walde der Horton plains wie im Gesträuchgürtel der javanischen Berge, um von den Rhododendren nicht mehr zu reden. Der Schluß darf meiner Meinung nach sein, daß wir es auf Ceylon mit dem Uebergangsgebiet zwischen der dritten und vierten Region *Junghuhn*'s zu tun hatten — die vielen Laurineen des beschriebenen Waldes deuten darauf hin — und sodann mit alpinem Gesträuch und alpinen Matten. Dies heißt mit andern Worten, daß ich auf Ceylon eine Baumgrenze fand, die niedrig genannt werden kann nicht nur im Vergleich zu dem, was man auf Java sieht, sondern sogar im Vergleich zu europäischen Verhältnissen.

Es stellt sich die Frage, ob man diese gänzlich unerwartete Tatsache nun auch einigermaßen verstehen lernen kann. Ich glaube, das ist in der Tat der Fall. Ziehen wir das äußerst wertvolle Buch von

H. Brockmann-Jerosch über Baumgrenze und Klimacharakter zu Rate, so finden wir ausführlich dargetan, daß drei Sachen miteinander Hand in Hand gehen, nämlich Baumgrenze, Klimacharakter und Massenerhebung. Daß Baumgrenze und Klimacharakter miteinander im Zusammenhang stehen, haben wir oben bereits gesehen. In dieser Beziehung kann ich noch darauf hinweisen, daß die polare Baumgrenze in der Nähe von Ozeanen, so in England, auffallend äquatorwärts liegt. Größere Massenerhebungen aber bedingen einen kontinentaleren Klimacharakter und dadurch wieder eine Förderung der Ausdehnung des Baumwuchses, geringere Massenerhebungen umgekehrt niedrig gelegene alpine Baumgrenzen. Die Insel Ceylon nun stellt gewiß nur eine geringe Massenerhebung dar und liegt überdies mitten in einem großen Ozean. Folglich können wir auf ihr eine exzeptionell tief gelegene Baumgrenze erwarten! Diese Baumgrenze wird von Laubbäumen gebildet werden können, denn dies ist eine weitere Erfahrung der Pflanzengeographie, daß in Gebieten mit ozeanischem Klima die Baumgrenze eben von Laubbäumen gebildet zu werden pflegt. Das stimmt zu unseren Beobachtungen auf Ceylon, wo im Gegensatz zu dem, was wir auf dem Pangerango sahen, die dritte Region *Junghuhn*'s keine Koniferen aufzuweisen hat. Soviel ist jedenfalls sicher, daß in den Tropen Klima und Massenerhebung einen gewaltigen Einfluß auf die Lage der Baumgrenze haben. Bereits auf Java liegt sie beträchtlich tiefer als in vielen andern tropischen Gebirgen, wohl im Zusammenhang mit der isolierten Lage der Vulkane. Und die große Bedeutung des Klimacharakters geht z. B. auch daraus hervor, daß die Eichen, die auf Java zwischen 3500 Fuß und 5000 Fuß vorkommen, an der Westküste Sumatras mit ihrem sehr stark ausgeprägten Seeklima bis 500 Fuß herabgehen, während am Himalaja in Sikkim die Eichenregion erst beginnt, wo sie auf Java aufhört.

Schließlich sind noch einige Worte zu sagen über die eigentümliche Abwechslung von Wald und Grasflur auf Ceylon sowie auf den Vulkanen Javas. In dieser Beziehung erinnere ich an die Tatsache, daß in Gebieten mit einem stark ausgeprägten ozeanischen Klima öfters beobachtet wird, daß vereinzelte Arten die Grenzen der ihnen am besten passenden Höhenstufen aus dem Auge verlieren und ungewöhnlich weit herabsteigen. Man denke an das Vorkommen der Alpenrosen am Lago Maggiore, von Dryas octopetala und Salix herbacea auf Meereshöhe in Irland. Warum, so möchte ich fragen, würde dies auch nicht für ganze Pflanzengesellschaften gelten können? Dazu steht unser Fall durchaus nicht allein! Aus der Literatur kennt man bereits mehrere Beispiele davon, daß in einem Gebirge mit ozeanischem Klima nicht nur vereinzelte Arten, sondern sogar ganze Pflanzengesellschaften in ungewöhnlich geringer Höhe beobachtet wurden. Ich weise wieder auf *Brockmann-Jerosch*' soeben bereits erwähntes Buch über Baumgrenze und Klimacharakter hin, in dem S. 207—209 das unerwartete Fehlen von natürlichen Buchenbeständen bei Chur diskutiert wird. Edaphische Gründe dafür sind keine

vorhanden, aus dem Klima konnte es nicht erklart werden Da bei Chur die Buchen unter der Obhut des Menschen gut gedeihen, so meint *Brockmann Jerosch* es musse die Konkurrenz der Pflanzen untereinander sein „die bald die einen, bald die andern aufkommen laßt, wobei jede im Vorherrschen so unduldsam wird, wie die andere“ Weitere Beispiele konnten leicht angefuhrt werden Ich mochte somit den Schluß ziehen, daß es das besonders stark ausgepragte Seeklima ist, das auf Ceylon und nach *Junghuhn* auch auf den Vulkanen Javas die sonderbare Erscheinung bedingt daß der Baumwuchs nicht in einer bestimmten Hohe definitiv aufhort sondern Wald und Grasflur miteinander in Abwechslung stehen Man konnte hier schließlich auch an die Tatsache denken, daß an der Baumgrenze in den Tropen das ganze Jahr hindurch dieselben Verhaltnisse herrschen was ohne Zweifel die Konkurrenz zwischen den Arten und Pflanzengesellschaften beeinflussen wird!

Das Klima der alpinen Hohlen und deren Pflanzenwelt

Vo Dr *Friedrich Morton* Hallstatt

Das Klima der Hohlen und ihre Pflanzenwelt sind erst seit Jahren der Gegenstand wissenschaftlicher Forschung Nichtsdesto weniger sind wir, gestutzt auf die Erforschung vieler Hunderter europaischer Hohlen bereits zu schonen Ergebnissen gelangt, uber die zu berichten ich die Ehre habe

Eine große Rolle im Klima der Hohlen spielt das *Licht* Ein mal deshalb, weil es gegen das Hohleninnere hin sehr rasch Ab schwachungen erfahrt wie sie im Freien nie vorkommen und zweitens weil die Hohlen wenigstens die ursprunglichen, zum großen Teile nur *assimilierende* Pflanzen beherbergen deren Sein oder Nichtsein von der Anwesenheit und Intensitat des vorhandenen Lichtes abhangt

In dem Photometer *Eder Hecht* besitzen wir heute ein ebenso gutes wie handliches Instrument zur Messung der Lichtintensitat Es ist das große Verdienst Professor *Dornos* durch unermudliche Arbeit dieses Instrument der klimatologischen und Hohlenforschung dienstbar gemacht zu haben, so daß wir heute uber das Lichtbe durfnis der hohlenbewohnenden Pflanzen recht gut unterrichtet sind

Von erstaunlicher Bedurfnislosigkeit sind die *Grun* und *Blau algen* Sie wurden noch an Stellen gefunden denen nur mehr der 1/ 00 Teil des Tageslichtes zukommt Dabei zeigen sie keine wesent lichen Veranderungen gegenuber den an gunstigen Orten wohnender

Das Lichtbedurfnis der *Moose* ist ein hoheres Immerhin gibt es aber eine Reihe von Arten, die als typische Hohlenmoose anzu sprechen sind und noch bei 1/ 000 gefunden wurden Sie sind auch stark verandert und deuten durch langgestreckte Stammchen und dunne Blattchen den Lichtmangel an Auch sind sie immer steril

Noch großeres Lichtbedurfnis zeigen die *Farne* Aber auch unter ihnen gibt es Lichthungerkunstler Obenan steht der schwarz stielige Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*) Er wurde bei 1/1380 des Tageslichtes gefunden, bleibt aber dann auf einem jahrelang lebenden sterilen Jugendzustande stehen Auch die *Hirschzunge* (*Scolopendrium vulgare*) wurde bei geringen Lichtintensitaten ge funden Die Wedel der Hohlenform sind bedeutend kleiner, außerst zart und durchscheinend Auch hier gibt es stationare Jugend

formen, die der normalen Form ganz unähnlich sind. Im anatomischen Bilde spiegelt sich der Unterschied ebenfalls wieder. Das Parenchym der Höhlenform ist schwächer entwickelt, die Interzellularräume sind größer.

Am größten ist das Lichtbedürfnis der *Blütenpflanzen*. Sie dringen im allgemeinen nur bis an jene Stellen vor, wo die Lichtintensität nicht unter 1/100 des gesamten Tageslichtes sinkt. So sehen wir, daß zwischen Lichtbedürfnis und Entwicklungshöhe eine direkte Abhängigkeit besteht.

In jenen Fällen, wo Pflanzen eine besondere Anpassungsfähigkeit an geringe Lichtintensitäten zeigen, können wir die als *Etiolement* oder *Vergeilung* bezeichnete Erscheinung beobachten, die jeder Hausfrau von ihren eingelegten Kartoffeln oder Zwiebeln her bekannt ist und sich in überlängerten Stengeln und winzigen, chlorophyllfreien Blättchen äußert. Wider erstes Erwarten ist ausgesprochene Vergeilung in Höhlen recht selten. Die vergeilten Pflanzen sind dem Lebenskampfe, der Konkurrenz nicht gewachsen und gehen zugrunde. Doch wurden einige typische Fälle bekannt. In einer Ostalpenhöhle wurde (bei 1/1500 des Tageslichtes) eine Keimpflanze des stinkenden Storchschnabels (*Geranium Robertianum*) gefunden, die mit ihrem 22 cm langen Stiele und den kaum linsengroßen Keimblättchen nicht so leicht zu bestimmen war, in einer zweiten Ostalpenhöhle lebte die Alpenkresse (*Arabis alpina*) mit gelben kaum angedeuteten Blättchen und in einer dalmatinischen Höhle wurde (bei 1/1700 des Tageslichtes) eine ausgesprochen vergeilte Form des Venusfrauenhaares (*Adiantum capillus Veneris*) beobachtet.

Das Lichtklima der Höhlen läßt auch die Erscheinung der *Lichtwendigkeit* sehr schön beobachten. Die Assimilationsorgane stellen sich mit ihren Flächen senkrecht zur Richtung des stärksten einfallenden Lichtes ein und da dieses besonders in wagrecht verlaufenden Höhlengängen mit niedrigem Eingange nahezu wagrecht einfällt, finden wir sehr oft die Blätter von Höhlenpflanzen mit ihren Flächen senkrecht dem Boden aufgesetzt. Besonders schön konnte dies an den Wedeln des Blasenfarnes (*Cystopteris fragilis*) und an den runden Blättchen des zweiblütigen Veilchens (*Viola biflora*) beobachtet werden.

Eine sehr große Rolle im Höhlenklima spielen *Wärme und Feuchtigkeit*. Feuchte Höhlen beherbergen viel mehr Pflanzen als trockene, die sogar pflanzenleer sein können. Ein ausgezeichnetes Beispiel für den Einfluß der Temperatur bietet der Paradana-Trichter im Trnowaner Walde. Auf seinem Grunde liegt Eis. Die Temperatur nimmt gegen dieses hin sprungartig ab und die Pflanzenwelt spiegelt diese Verhältnisse getreulich wieder. An der oberen Trichterwand siedelt Fichtenwald. Dieser wird von Alpenrosen und anderen Alpenpflanzen abgelöst. Bei 80 m Tiefe gibt es nur mehr verkümmerte Alpenrosen, Zwergweiden und Moose und bei 90 m (knapp über dem Eise) nur Höhlenformen von Moosen.

Ein anderes ausgezeichnetes Beispiel für den Einfluß von Wärme und Feuchtigkeit bieten mehrere kleine Höhlen im Tessin und in Südtirol. Sie sind im Sommer staubtrocken und sehr heiß, im Winter aber zeigen sie nahezu dampfgesättigte Luft und eine Temperatur, die meist nicht unter + 10° C sinkt. Diese Verhältnisse macht sich ein atlantischer Farn *(Gymnogramme leptophylla)* zu Nutze. Den Sommer überdauert er in Form von widerstandsfähigen Brutknöllchen, im Winter überzieht er den Höhlenboden mit frischem Grün. Im freien würde er hier, an der Grenze seines Vorkommens, zu Grunde gehen.

Doch noch andere Eigentümlichkeiten umfaßt das Höhlenklima! *Die winterliche Schneedecke fehlt, die Stürme brausen* zumeist *wirkungslos* an den Höhlen *vorüber*, die Temperaturen von Luft und Boden halten sich innerhalb kleinerer Grenzen. *Viele Höhlen*, besonders solche, die tief in den Berg hineinziehen, *sind im Winter frostfrei*.

Dies alles führt zu höchst bemerkenswerten Erscheinungen. Vor allem zur *Verlängerung des Lebens einzelner Organe oder Entwicklungszustände* und *zu einer bedeutenden Verlängerung der Vegetationsdauer*. Die Prothallien von Höhlenfarnen können jahrelang am Leben bleiben und ebenso die sterilen Jugendformen von Moosen und Farnen.

Recht interessant sind auch die Verhältnisse beim Moschusblümchen *(Adoxa moschatellina)*. Während für gewöhnlich die Blätter dieser Laubwaldpflanze schon im Mai und Juni verwelken, wurden sie in einer ostalpinen Höhle noch im November frisch grün vorgefunden und die unterirdischen Erneuerungsknospen waren vom Juli bis November beträchtlich gewachsen. Diese Verlängerung der Vegetationsperiode wird durch die Frost- und Schneefreiheit der Höhle ermöglicht. Außerdem fällt das Laubdach der Waldbäume hinweg.

So kommt es, daß viele Höhlen mitten im Winter durch frisches Grün und munteres Blühen überraschen, daß in ihnen oft eine Treibhausatmosphäre herrscht, während draußen bei großer Kälte der Sturm tobt. In einer ostalpinen Höhle wurde am 12. Februar 1882 bei einer Außentemperatur von — 8.75° R die Hirschzunge frisch grün vorgefunden, und in einer zweiten Höhle blühte im Dezember 1921 der stinkende Storchschnabel *(Geranium Robertianum)*, grünte die Goldnessel *(Lamium luteum)* und wucherten Moose und Farnprothallien, während draußen bei — 4.5° C eine 50 cm hohe Schneedecke lag.

Wir sind daher berechtigt, von einem eigenen Höhlenklima zu sprechen, das durch Lichtarmut und hohe Luftfeuchtigkeit, kühlere Sommer — und mildere Wintertemperaturen durch Mangel einer Schneedecke und größerer Luftbewegungen ausgezeichnet ist und einen entscheidenden Einfluß auf die Pflanzenwelt solcher Höhlen ausübt.

— —

Klima und tierische Pigmentierung

Von *V. Haecker*, Professor der Zoologie in Halle a. S.

Die Frage nach dem Zusammenhang von Klima und tierischer Pigmentierung ist schon von einer ganzen Anzahl von Forschern experimentell und biologisch-tiergeographisch in Angriff genommen worden. Die Fragestellungen waren nicht immer die nämlichen, auch die Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick nicht einheitlicher Art zu sein. Und wir müssen uns daher zunächst eine gedrängte Uebersicht über die einzelnen Untersuchungsgebiete verschaffen, ehe wir versuchen können, zu einigen allgemeinen Sätzen und Problemstellungen zu gelangen [1]).

Ehe wir aber mit der Besprechung der einzelnen Ergebnisse beginnen, ist es wohl zweckmäßig, dem Ganzen ein paar kurze Bemerkungen über die Entstehung der wichtigsten Gruppe von tierischen Pigmenten, der *Melanine*, vorauszuschicken. Die Melanine entstehen durch Zusammentreten eines oxydationsbefördernden Fermentes, einer Oxydase, und einer Melanin-Vorstufe, eines sogenannten Chromogens (Tyrosin, Dioxyphenylalanin oder kürzer Dopa). Sie können entweder in ganzen Geweben von bestimmter Funktion als Eigenprodukte sämtlicher Zellen auftreten, wie zum Beispiel in der Oberhaut bezw. ihrer untersten Schicht oder im Iris- und Pigmentepithel des Auges oder auch im Peritoneum mancher Wirbeltiere, oder andererseits in besondern, beweglichen, mit amöboiden Fortsätzen versehenen Pigmentzellen (Chromatophoren, Melanophoren), wie sie in mannigfaltiger Gestalt bei Fischen und bei Amphibien, zum Beispiel im Korium der Larve des mexikanischen Molches (Axolotl, Amblystoma), auftreten. Auch kann man beobachten, daß sich einzelne Zellen eines geschlossenen Epithels in amöboide Pigmentzellen umwandeln, wie man dies sehr schön an ganz jungen Axolotllarven feststellen kann, indem man am lebenden Tiere einzelne, durch besondere Lagerungsverhältnisse gekennzeichnete Zellen Tag für Tag verfolgt *(Schnackenbeck)*. In ähnlicher Weise dürften die großen Pigmentzellen im Stratum Malpighii der Federkeime der Vögel und die Zellen des Pigmentepithels der Retina entstehen.

Regelmäßige Zeichnungsformen wie die Querstreifung der Axolotllarven, die regelmäßige Querbänderung vieler Vogelfedern und Schmetter-

---

[1]) Neuere Zusammenfassungen des ganzen Fragengebietes sind mir nicht bekannt. Auch *R. Hesse* (Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena 1924, S. 402) hat den Gegenstand nur kurz behandelt. Die unten zu besprechenden Beobachtungen von mir und *Gornitz* sind leider nicht ganz richtig zitiert.

lingsflügel entstehen dadurch, daß die betreffenden Organe, die Epidermis der Federkeim, die Flügelanlage eine *rhythmische Wachstumsordnung* aufweisen und daß in den Zonen mit besonders intensiven Stoffwechsel und Zellteilungsvorgängen am meisten Pigment abgeschieden wird oder daß eine besonders ausgiebige Entstehung und Selbstvermehrung von Pigmentzellen erfolgt, wie dies speziell für die Axolotllarve nachgewiesen werden kann *(Pernitzsch, Schnakenbeck)* [2]).

Wir wenden uns nun zu den einzelnen Untersuchungen über den Einfluß der klimatischen Faktoren auf Pigmentierung und Zeichnung, unter denen chronologisch an erster Stelle eine Reihe von Schmetterlingsversuchen steht. Abgesehen von früheren Versuchen von *Dorfmeister* hat zuerst *Weismann*[3]) bei Schmetterlingen die Frage geprüft, in wieweit äußere Einflüsse bei der *Artbildung* eine direkt umgestaltende Wirkung ausüben. Er hat zunächst den sog. Saison-Dimorphismus der *Weißlinge* (Pieris napi) und des *Landkärtchens* (Vanessa oder Araschnia levana prorsa) untersucht. Die Frühjahrsgeneration oder Winterform des Landkärtchens (V. levana) ist auf der Oberseite der Flügel gelb und schwarz gezeichnet, die Sommerform (V. prorsa) hat schwarze Flügel, über die eine breite weiße Binde hinzieht. Es gelang durch Behandlung der Puppen der Sommerform mit niedriger Temperatur statt der Sommerform eine Mittelform zwischen der Winter- und Sommerform (V. porima), in einigen wenigen Fällen auch eine nahezu vollständige Winterform zum Ausschlüpfen zu bringen. Im Keimplasma der Sommerform müssen also *virtuell zwei Entwicklungspotenzen, zwei Reaktionsmöglichkeiten* vorhanden sein. Wichtiger sind die Versuche mit dem *Feuerfalter* (Polyommatus oder Chrysophanus phlaeas). In Deutschland ist diese Art rotgolden mit schmalem schwarzem Außenrand, in Südeuropa ist das Rotgold fast ganz vom Schwarz verdrängt (var. eleus). Werden deutsche Puppen einer höheren Temperatur ausgesetzt (+ 38° C.), so sind die Flügel dunkler als bei der deutschen Form. Es findet also eine Annäherung an die eleus-Form statt. Werden umgekehrt aus Eiern der bei Neapel fliegenden eleus-Form in Deutschland Raupen gezogen und nach der Verpuppung einer niedrigen Temperatur (+ 10° C.) ausgesetzt, so entstehen Falter, welche weniger schwarz als die Neapler Form sind.

Zu ähnlichen Ergebnissen ist *Merrifield* in England ebenfalls bei Polyommatus phlaeas und *Standfuß*[4]) beim Schwalbenschwanz (Papilio Machaon) gelangt. Der Schwalbenschwanz, der in seiner zweiten, im Juli sich entwickelnden Generation in Zürich von einer Durchschnittstemperatur von 18,4° C. getroffen wird, kann durch konstante Wirkung von 37—38° C. auf die Züricher Puppen in eine

[2]) Vgl. *V. Haecker*, Entwicklungsgeschichtl. Eigenschaftsanalyse (Phaenogenetik). Jena 1918. Kap. 17—19.

[3]) *A. Weismann*, Studien zur Deszendenztheorie. I. Ueber d. Saisondimorphismus der Schmetterlinge. Lpz. 1875 (Sonderabdruck a. d. Annali di Mus. Civ. di Stor. Nat. di Genova 6. 1874).

[4]) *M. Standfuß*, Handbuch der paläarkt. Großschmetterlinge, Jena 1896. S. 290.

Form verwandelt worden, wie sie bei Jerusalem bei einer Durchschnittstemperatur von 24,5° C fliegt.

Die vorderasiatische Form (var. asiatica Men.) ist im Durchschnitt gekennzeichnet durch eine geringere Größe, durch ein dunkleres Gelb, durch eine schwächere Entwicklung des blauen Anflugs in der Randbinde der Hinterflügel, ferner dadurch, daß diese Randbinde mehr an den Flügelrand herangerückt ist und dadurch, daß der innere gelbe Vorderrandfleck nicht groß und rechteckig, sondern kleiner und keilförmig ist[5]).

Bei diesen Experimenten zeigt sich deutlich eine Wirkung der Temperatur nicht nur auf das Maß der Pigmentierung, sondern auch auf die Wachstumsordnung der Flügelanlage, wie sie sich in kleinen Verschiedenheiten des Zeichnungsmusters (Form des Vorderrandfleckes usw.) äußert.

Ein weiterer Gesichtspunkt wurde eingeführt durch die *Vererbungsexperimente* der drei Züricher Forscher *Standfuß*, *E. Fischer* und *Schröder*[6]). Bei intermittierender Wirkung von Frost (Temperaturen unter 0°) und Hitze (Temperaturen über 40°) auf die Puppen des *kleinen* und *großen Fuchses*, des *Tagpfauenauges* und des *C album* (Vanessa urticae, polychloros, Jo, c album) entstehen Falter, welche eine Anzahl charakteristischer Färbungs- und Zeichnungsaberrationen zeigen. Es handelt sich teils um *Entwicklungshemmungen*, speziell um eine *Zurückdifferenzierung hochspezialisierter Artmerkmale*; vor allem werden die spezifischen Grundtöne, das Ziegelrot der Füchse und das Purpurbraun des Tagpfauenauges hauptsächlich am Hinterflügel durch ein einfaches Braun verdrängt, es verschwinden die blauen Halbmonde in der Nähe der Flügelränder und das Auge des Tagpfauenauges wird ausgelöscht. Andererseits handelt es sich um die *Weckung gemeinsamer, allen Arten der Gattung Vanessa zukommender virtueller Entwicklungspotenzen*, wie dies z. B. für die bei den Füchsen und beim Tagpfauenauge deutlich hervortretende Verschmelzung der beiden distalen Randflecke der Vorderflügel zu einem charakteristischen Rechteck gilt. Von großem Interesse ist nun, daß *die Nachkommen künstlich abgeänderter Exemplare von V. urticae* (nach neuern Untersuchungen auch von V. Jo) auch dann, wenn sie im Puppenstadium bei normalen Temperaturen gehalten werden, *z. T. die charakteristischen Zeichnungsformen der Frostaberration* (V. urticae ichnusoides) *zeigen*.

Aehnliche Ergebnisse wie bei Vanessa haben *E. Fischer* beim Bärenspinner (Arctia caja) und *Schröder* beim Stachelbeerspanner (Abraxas grossulariata) erzielt.

Wie hat man sich nun zu diesem neuen Tatbestand, welcher gegenüber den Ergebnissen von *Weismann* einen wichtigen Fortschritt bedeutet, zu stellen? Es wird heute nur noch wenige Biologen

[5]) Vgl. *Seitz*, Großschmetterlinge (Stuttgart) 1. Abtl. 1. Bd. S. 12, Tafel 6 a.

[6]) *M. Standfuß*, Exp. zool. Studien. Neue Denkschr. allg. schweiz. Ges. ges. Naturwissenschaften 1898; *E. Fischer*, Allg. Ztschr. f. Entom. 6, 1901; 7, 1902; *Chr. Schröder*, ebenda 8, 1903; 9, 1904.

geben, die im Sinne der strengen *lamarckistischen* Auffassung annehmen, daß bei einer Klimaänderung in der zunächst betroffenen Generation primär eine Abänderung der Hautpigmentierung hervorgerufen wird, und daß sich diese somatische Aenderung auf die Keimzellen in irgend einer Weise projiziert, so daß infolgedessen die Nachkommen von Geburt (in unserem Fall vom Ausschlüpfen) an eine Pigmentierungsänderung gleicher Art zeigen.

Näher als diese lamarckistische Deutung liegt die Vorstellung einer sog. *indirekten Parallelinduktion*. Wir nehmen dabei die *Pluripotenzhypothese* zu Hilfe, wonach das Keimplasma jeder Tier- und Pflanzenspezies eine größere, aber nicht unbegrenzte Zahl von *virtuellen Potenzen* besitzt, die durch die stoffliche Beschaffenheit des Keimplasmas, durch seine chemischen Grundeigenschaften in ähnlicher Weise bedingt und bestimmt sind, wie etwa die verschiedenen Wachstumsformen der Schneekristalle durch die Grundeigenschaften der Verbindung H_2O bestimmt werden. Den verschiedenen Potenzen des Keimplasmas entspricht eine ebenso große Zahl von *Entwicklungsmöglichkeiten* oder *Entwicklungsrichtungen* des jungen Keimes, wenn natürlich auch, wie bei den Schneekristallen, die besondern äußern Umstände eine gewisse Rolle spielen.

Nach dieser Auffassung würde also die *Klimaänderung* nicht direkt die Haut und Hautorgane abändern, sondern zunächst eine *Veränderung des Gesamtstoffwechsels* verursachen und auf diesem Wege, also *indirekt*, einerseits die noch nicht differenzierten Zellen der Flügelanlagen, andererseits die Keimzellen im gleichen Sinne beeinflussen (*indirekte Parallelinduktion*). Diese Beeinflussung würde speziell nach der *Pluripotenzhypothese* in der Weise erfolgen, daß das Keimplasma beider Zellarten *umgestimmt* wird, und daß in ihm *schlummernde Potenzen geweckt* werden, die sich in den Flügelanlagen des affizierten Individuums selbst und ebenso während der Entwicklung der Nachkommen teils in *Hemmungsbildungen (Zurückdifferenzierungen)*, teils in *Verschiebungen des Zeichnungsmusters* äußern[7]).

Hier würden auch die berühmt gewordenen Vererbungsversuche zu erwähnen sein, welche der amerikanische Forscher *Tower* mit dem Colorado- oder Kartoffelkäfer (Leptinotarsa decemlineata) ausgeführt hat und die ihn zu dem Ergebnis gelangen ließen, daß nach Behandlung der jungen Imagines mit Wärme, Kälte, Feuchtigkeit usw. die Nachkommen allerlei Färbungs- und Zeichnungsabänderungen aufweisen, die sofort erblich sind und bei Kreuzung den *Mendel*schen Regeln folgen. Ich möchte hier auf diesen Gegenstand nicht eingehen, da in Amerika, wo eine Wiederholung der Ergebnisse versucht wurde, starke Bedenken gegen einzelne Ergebnisse *Towers*

7) Zur entwicklungsgesch. Deutung der Befunde vergl. V. *Haecker*, Allg. Vererbungslehre, 3. Aufl., S. 155—158; Pluripotenzersch., Jena 1925, S. 52 ff., 95 ff.

erhoben wurden, und weil bei der Taufliege (Drosophila melano gaster), dem klassisch gewordenen und fur solche Untersuchungen scheinbar besonders geeigneten Objekte der *Morgan* schen Schule alle Versuche, in ahnlicher Weise durch Aenderung physikalischer Fak toren erbliche Mutationen hervorzurufen, an der Sprodigkeit des Ob jektes so gut wie ganz gescheitert sind

In neuerer Zeit hat besonders der Hamburger Arzt *Hasebroek*[8]) die Frage der physiologischen Ursachen und der entwicklungs geschichtlichen Entstehung der durch klimatische Faktoren bewirkten Pigmentierungsanderungen bearbeitet und ist damit auf einer wei teren Stufe in der Behandlung des Gesamtproblems, bei der *phaeno genetischen* Analyse, angelangt

Es handelt sich hier um das in neuerer Zeit vielfach beobachtete Auftreten melanistischer Schmetterlinge in der Nahe von Groß stadten[9]) So hat speziell bei Hamburg eine melanistische Form einer kleinen Eule Cymatophora or ab albingensis[10]), im Laufe der letzten 20 Jahre die helle Stammform fast vollstandig verdrangt, und zwar gilt dies fast ausschließlich fur den Nordosten und Osten des Stadtgebietes, also fur diejenige Gegend, nach welcher durch die uber wiegend herrschenden SW und W Winde Rauch, Rauchgase und allerlei Großstadtdunste getrieben werden Eine kleine Karten skizze, welche den Vorort Barmbeck am NO Rand von Hamburg dar stellt zeigt eine große Anzahl von Fabrikbetrieben außer einer Gas fabrik und zwei Elektrizitatswerken vor allem zwei Gummifabriken und eine Mullverbrennungsanstalt Hauptsachlich in der Nachbar schaft dieses Vororts wurden nun auf Espen (Zitterpappel, Populus tremula) die sich reichlich in den zwischen den Garten und Acker stucken befindlichen Knicks vorfinden, die melanistischen Formen in zunehmender Zahl und zwar hauptsachlich an drei Hauptfundstellen angetroffen, außerdem in der Nahe eines Zinkhuttenbetriebes eine Meile ostlich von der Stadt Kreuzungen der albingensis Form mit der Stammform ergaben, wie es scheint, eine regelmaßige *Mendel*

---

[8]) Zool Jahrb (Syst) 37, 1914 (Phys) 36 1918 Arch Dermat u Syph 130 1921 Biol Ztrbl 41 Nr 8 1921 Unters z Probl des neuzeitl Melanismus d Schmetterlinge Fermentforschung 5 1921 S 1—40 II 5 1922 S 297—333 III 7 1923 S 1—13 VIII 8 1925 S 199—226 Arch Entw Mech 52 1922 (Entw d Schmetterlingsflugels) Pflug Arch 207 1905 (Entw Mech d schw Flugelfarbung) vgl auch *Przibram* Arch Ent Mech 48 1921

[9]) Die Zunahme melanistischer Formen in der Nahe von Groß und In dustriestadten wurde besonders in England bei verschiedenen Schmetter lingen beobachtet (*Doncaster* Entom Record Juli Okt 1906) so bei Boar mia Arten und beim Birkenspanner (Amphidasis betularia)

[10]) Wahrend anfanglich nur die melanistische Form ab *albingensis* (schwarz mit hellen Makeln auf den Vorderflugeln) auftrat kamen spater andere Formen hinzu ab *albingoradiata* mit weißer Radiarzeichnung ab *marginata* mit scharf begrenzter heller Außenrandbinde an den Vorder flugeln und ab *albingosubcaeca* mit Fortfall der weißen Makeln (also ganz schwarz)

sche Vererbung, es dürfte sich also nicht um Modifikationen, sondern um neuentstandene erbliche Variationen handeln. *Hasebroek* ist nun, wie gesagt, einen Schritt weiter gegangen, und hat z. T. auf experimentellem Wege die physiologischen und entwicklungsgeschichtlichen *Zusammenhänge* zu ermitteln versucht. Ich möchte hier nur erwähnen, daß nach *Hasebroek* die Großstadtdünste nicht mit der Nahrung, sondern auf dem Atmungswege, also durch das Röhrensystem der Tracheen, in den Körper und bis zu den Anlagen der Flügelschuppen gelangen, und daß sie hier als äußere Reize eine *Umsteuerung des Stoffwechsels*, eine *Umstimmung des Zellprotoplasmas* hervorrufen, die mit einer *Anreicherung von Melaninvorstufen* verbunden ist[11]). Die in der Haemolymphe herangeführten Oxydasen bewirken, falls Sauerstoff vorhanden ist, die Ausfällung von Melanin innerhalb der Schuppen. Sehr bemerkenswert ist auch, daß bei den Melanisten vom Cymatophora auch die Schuppenform eine abweichende ist, ähnlich wie es auch bei den melanistischen Abarten anderer Schmetterlinge gefunden wurde[12]). Damit wird bewiesen, daß auch der *Gesamtstoffwechsel*, die *Konstitution* des Schmetterlings, abgeändert ist. Was die Erblichkeit der neuerworbenen Konstitution anbelangt, so möchte ich nur bemerken, daß hier offenbar ähnliche Verhältnisse, wie bei den Temperaturaberrationen von Vanessa vorliegen.

Wir wenden uns nun einer anderen Tiergruppe zu[13]). Wenn man die Spezies einer artenreichen Vogelgruppe oder die Lokalformen einer einzelnen weitverbreiteten Art mit Bezug auf die geographische Verbreitung der Farbentöne untersucht, so findet man in feuchten tropischen Gebieten (nördliches Südamerika, Himalajagebiet u. a.) besonders viele tief- und warmgefärbte, schwarze, tiefbraunschwarze, schokoladefarbige Formen[14]), am Ostrande des Atlantischen Ozeans und ebenso in Ostasien ziehen sich diese Formen ziemlich weit nach Norden herauf, wie z. B. die im feuchten Klima der britischen Inseln lebende schwarze Bachstelze (Motacilla lugubris Temm.), welche dort unsere weiße Bachstelze (M. alba L.) vertritt. In Nordafrika

[11]) Vgl. bes. Probl. des Mel. II. Fermentforsch. 5. S. 326. Arch. Entw. Mech. 52. 1922. S. 271 ff.

[12]) So von *Federley* bei den Melanisten von Saturnia pavonia (Festschrift f. *Palmén* Nr. 16. Helsingfors 1905, vgl. *Hasebroek* Fermentforsch. 5. Tafel 15. Fig. 12) u. von meinem Schüler *Dyckerhoff* bei Aglia tau (vergl. *V. Haecker* Zschr. ind. Abst. 25. 1921. S. 80).

[13]) Vergl. hierzu auch die Versuche, welche *Kammerer* mit Feuer- und Alpensalamander (Arch. Entw. Mech. 25. 1907. 36. 1913) und mit Eidechsen angestellt hat (Phys. Zbl. 20. 1906), sowie die Beobachtungen von *Beebe* (Am. Nat. 43. 1908) und *Seth Smith* (Avicult. Mag., N. S. 7. 1907) an Käfigvögeln. Ein näheres Eingehen auf die zum Teil umstrittenen Befunde von *Kammerer* ist hier nicht möglich, vergl. auch seine zusammenfassende Schrift: Neuvererbung. Stuttgart-Heilbronn (W. Seifert).

[14]) Meine ersten Untersuchungen galten den Merula-Arten, von denen der Katalog d. Brit. Mus. über 50 aufzählt.

und in den kontinentalen Gebieten Europas und Asiens finden sich bei Vögeln häufig lichtere, rostbraune, graubraune, lehm- und sandgelbe Töne. Nun haben die Untersuchungen meiner Schüler bei Tauben und Hühnern ergeben, daß die Melanine dieser Vögel in zwei Hauptformen auftreten, die sich nach der Farbe, Form und Löslichkeit der Pigmentkörper unterscheiden: es sind die dunkelbraunen, in Alkalien schwerlöslichen *Eumelanine* und die rostfarbigen oder rötlich gelben, leichtlöslichen *Phaeomelanine*[15]). Diese beiden Reihen von Melaninen finden sich auch bei anderen Vögeln, und es läßt sich ferner nachweisen, daß die ebenerwähnten geographischen Unterschiede darauf beruhen, daß *bei Abnahme der Temperatur* in erster Linie die rötlichen *Phaeomelanine* in geringerem Maße die dunkeln Eumelanine reduziert werden, so daß im hohen Norden zuerst die Phaeomelanine verschwinden. Im Gegensatz dazu wird durch *Trockenheit*, also besonders durch den Aufenthalt in kontinentalen Steppen und Wüstengebieten, die *Eumelaninbildung* vermindert, die Phaeomelaninbildung dagegen gesteigert.

Die Wirkung der Kälte[16]) sehen Sie besonders deutlich bei der *Sumpfmeise* (Paru palustris). Bei der europäischen Form sind die verjüngten Spitzen der Federstrahlen (Radii) mit stäbchenförmigen, schwärzlichen Pigmentkörnern erfüllt, in den breiteren Basalteilen der Federnstrahlen treten an ihre Stelle allmählich längliche schmutzig braune und rundliche schmutzig gelbliche Eumelaninkörner, in Kamtschatka dagegen sind an der Spitze nur noch die Eumelanine vorhanden, während die Phaeomelanine vollkommen verschwunden sind, so daß die Basis der Federnstrahlen überhaupt kein Pigment enthält. Die Wirkung der Trockenheit ist sehr schön bei der *Haubenlerche* (Galerida cristata) zu sehen. In Mitteleuropa nehmen am Rücken die länglichen schwarzen Eumelaninkörper 2/3 bis 3/4 des Federnstrahls (von der Spitze an gerechnet) ein, die Zone der gelbbräunlichen Phaeomelaninkörner ist wenig ausgedehnt, in der Sahara enthalten die Radii überhaupt nur rostbraune rundliche Phaeomelaninkörner. Beim *Kolkraben* (Corvus corax) äußert sich das Wüstenklima darin, daß die Dichtigkeit, also die Quantität der Melaninkörner bedeutend abnimmt.

Ganz ähnliche Pigmentierungsverhältnisse mögen die Ursache sein, wenn vom *Zaunkönig* (Troglodytes parvulus) in den regenreichen Gebieten des Himalaja (Darjeeling) eine sehr dunkle, rost-

---

15) *Spöttel*, Zool. Jahrb. (Anat.) 38, 1914; *Ladebeck*, Zschr. ind. Abst. 30, 1922; *V. Haecker*, Zschr. ind. Abst. 25, 1921, S. 180 ff.; ebenda 32, 1923, S. 70 ff.; *Görnitz*, Journ. Ornith. 71, 1923. Beim Bankivahuhn und bei den in der Farbe ihm nahestehenden rebhuhnfarbigen Italienern sind gleitende Uebergänge zwischen den beiden Pigmentformen vorhanden, bei hochgezüchteten Rassen (roten Sussex, roten Rhodeländern) dagegen sind beide Typen scharf unterscheidbar (*Ladebeck*).

16) Vergl. z. Folgendem *Görnitz*, l. c., S. 474, Tafel 7, IV (Parus pal.), S. 486, Tafel 7, II (Galerida crist.), S. 484, Tafel 7, V (Corvus corax).

farbige Form (var nipalensis), in Turkestan die blasseste, graueste Varietat (var pallidus) vorkommt, oder wenn von den zahlreichen geographischen Varietaten des amerikanischen *Singsperlings* (Melospiza cinerea melodia) in den trockenen Wustengebieten von S O Kalifornien, Arizona und Nevada mit einem jahrlichen Regenfall von nur 6 Zoll die hellste Form (fallax), in den feuchten Kustengebieten von Britisch Kolumbia und Alaska mit 125 englischen Zoll Regen die dunkelste Form (rufina), auftritt

In *sehr hohen Breiten* werden, wie schon angedeutet, vielfach *auch die Eumelanine zuruckgebildet* es tritt ein auch sonst in der tierischen Farbung zu beobachtender *Antagonismus von Schwarz und Weiß* zutage, der schließlich mit dem Siege des Leuzismus endet (Jagdfalke, Schneeule) [17])

Auch bei den Saugetieren ist zunachst außerlich betrachtet, eine ahnliche klimabedingte Farbenverteilung zu beobachten, wie zum Beispiel der *Fuchs* und seine nachsten Verwandten zeigen[18]) in Sudeuropa lebt eine fahlgelbe Varietat unseres Fuchses in Mitteleuropa die schon gelbrote bis rostrote Form, im Norden der Polarfuchs mit graubraunem bis schwarzem Sommerkleid und der amerikanische Silberfuchs mit schwarzem, wegen der weißen Haarspitzen silbrig erscheinendem Fell Aehnliche regionale Differenzen wie wir sie speziell bei den in feuchten und trockenen Gebieten vorkommenden Vogeln gefunden haben, sind auch bei der amerikanischen *Weißfußmaus* (Peromyscus maniculatus) von *Morgan Collins* und *Sumner* beschrieben worden [19]) Leider sind wir uber die Frage inwieweit auch bei den Saugern *mehrere Formen von Melaninen* deutlich aus einander gehalten werden konnen, weniger genau unterrichtet Die Form und Große der Pigmentkorner zeigt bei den Saugern bei mikroskopischer Untersuchung nur geringe Verschiedenheiten und vor allem ist wegen der Kleinheit der Pigmentkorner eine genaue Abstufung der Farbentone nicht moglich [20]) Aber verschiedene Verhaltnisse, so besonders die scharfe Abgrenzung der Farbenmassen der Mause und Kaninchen und ihr streng alternierendes Verhalten bei der erblichen Uebertragung, und ebenso die korrelationsgeschichtliche Sonderstellung, welche die Rothaarigkeit des Menschen gegenuber andern Haarfarben einnimmt [21]), weisen mit Bestimmtheit darauf

[17]) Vergl *Haecker* Entw Eigenschaftsan S 152 f

[18]) *W Schultz* (Arch Entw Mech 51 1922) der neuerdings auf diese Verhaltnisse hingewiesen hat (S 375) betont auch den charakteristischen Farbenwechsel von Reh und Eichhornchen (S 338)

[19]) *Morgan* Ann N Y Acad Sci 21 1911 *Collins* J exp Zool 38 1923 *Sumner* Am Natur 57 1923 u a a O

[20]) Vergl *V Haecker* Bibliogr genet 1 s Gravenhague 1925 S 161

[21]) Außer engen korrelativen Beziehungen zur Sommersprossenbildung ist bei Rothaarigen eine Disposition zu ganz bestimmten Formen der Tuberkulose und vielfach auch eine ausgesprochene Minderwertigkeit in Form von gewissen Defekten der Psyche und der Sinnesorgane anzutreffen (vergl *J Bauer* Die konst Disp zu inn Krankheiten 3 Aufl Berlin 1924 S 88) und *Hanhart* Schweiz med Woch 1924 Nr 30

hin, daß auch bei Saugetieren in ahnlicher Weise wie bei den Vogeln *mindestens zwei* scharfer abgegrenzte Melaninstufen vorkommen Bemerkenswert ist, daß vor kurzem der Prahistoriker *F Paudler* [2]) die Ansicht zu begrunden sucht, daß in Europa ursprunglich *zwei langkopfige helle Rassen* vorhanden waren die pragermanische Cro Magnonrasse mit grauen Augen und gelb bis rotblondem Haar und die eigentliche nordische Rasse mit blauen Augen und asch blondem Haar Ich mochte nur kurz erwahnen, daß diese Anschauung, falls sie sich wirklich genugend stutzen laßt, mit den Befunden bei Vogeln und Saugern ohne Schwierigkeit in Einklang gebracht werden kann Man konnte annehmen, daß die *rotblonde Cro Magnon Rasse* mit den starker hervortretenden Rotfarbstoffen *im Steppen klima sudlicherer Gegenden* die *aschblonde Rasse* mit uberwiegendem Gehalt an Schwarzfarbstoffen (Eumelaninen) *in hoheren nordlichen Breiten* sich konsolidiert hat

Wir sind damit vor ein neues Problem gestellt, vor die Frage auf welche Weise kann das Klima eine *rassen* und *artbildende Wirkung* ausuben? Wir sahen vorhin, wie mittelst der Annahme einer indirekten Parallelinduktion und unter Zuhilfenahme der Pluri potenzhypothese bei Schmetterlingen die Uebertragung erworbener Zeichnungsmuster von den Eltern auf die Kinder erklart werden kann Man kann sich nun denken, daß, wenn klimatische Faktoren viele Generationen lang fortwirken, nicht bloß eine kurzer dauernde Umstimmung, sondern eine endgultige (nach *Lenz* idiokinetische) Umpragung des Keimplasmas stattfindet, daß also im Wustenklima die Tendenz zur Eumelaninbildung immer mehr unterdruckt wird und daher lichte, hellrostbraune, lehm oder sandfarbige Rassen und Arten entstehen, wahrend im arktischen Klima die Tendenz zur Phaeo melaninbildung und schließlich auch die zur Eumelaninbildung end gultig gehemmt wird Es bliebe dann nur noch zu erklaren wie es kommt, daß speziell bei den Steppen und Wustenbewohnern die durch das Klima bewirkte Farbe eine *Anpassungsfarbe* darstellt, also *nutzlich*" ist? Ist dieses Zusammentreffen einfach als Zufall zu be zeichnen oder wirken andere Momente mit? Wir konnen uns hier auf eine nahere Erorterung dieses naturphilosophischen Problems, ins besondere auf die Frage, inwieweit hier die Mitwirkung von Auslese prozessen anzunehmen ist nicht einlassen und gehen noch zu einigen anderen Grenzfragen der Klimatologie und Artbildungslehre uber

Manche durch Klima bewirkte Umpragungen sind offenbar *sehr dauerhafter* Natur, so daß sie noch fortbestehen, wenn die betreffen den Formen ihr Verbreitungsgebiet ausgedehnt haben und damit neuen klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind Auf diesen Um stand ist es wohl zuruckzufuhren, wenn die dunkel gefarbten Sing sperlinge des pazifischen Kustengebietes stellenweise auch noch in den

---

[2]) Die hellblonden Rassen und ihre Sprachstamme usw Heidelberg 1924

Cañons der Wuste als Brutvogel vorkommen [3]), oder wenn nach den Beobachtungen von *Sumner* eine hellgefarbte, offenbar an das Wustenleben angepaßte Varietat der Weißfußmaus hoch in das Gebirge von Nevada hinaufgeht, oder wenn, wie schon *Alexander von Humboldt* hervorgehoben hat, die Ureinwohner Amerikas eine sehr verschiedene Hautfarbe aufweisen, und zwar offenbar, wie das Neben einandervorkommen verschiedenfarbiger Stamme zeigt, unabhangig von Oertlichkeit und Klima Nach *K E Ranke* findet sich speziell bei den Indianern Zentralbrasiliens die ganze Skala der Hautfarben vom europaischen Weiß, d h von einem sehr lichten Gelbrosa, bis zu einem ganz dunkeln Braun, das man beinahe Schwarzbraun nennen kann [4]) Solche Erscheinungen finden nur dann eine Erklarung, wenn man eine verhaltnismaßig große Perseveranz klimatisch be dingter Farbenrassen annimmt

Damit hangt zusammen das Problem der *Reversibilitat* In wieweit gilt das von *Dollo* aufgestellte Gesetz von der Nichtumkehr barkeit der phylogenetischen Entwicklung? [5]) Konnen im speziellen, wenn durch langdauernde Klimawirkung bestimmte Pigmentverluste entstanden sind, bei einem erneuten Klimawechsel die erreichten Ent pigmentierungsgrade wieder ruckgangig gemacht werden, so daß die ursprungliche Pigmentkombination wieder hergestellt wird Es scheint, daß die Stoffwechsel oder, wie wir auch sagen konnen, die Konstitutionsanderungen und die darauf beruhenden Pigmentdefekte die speziell im *arktischen* Klima im Verlaufe langer Zeit zustande kommen, *nicht* oder *schwer wieder ruckgangig* gemacht werden konnen Damit durfte u a auch die Tatsache zusammenhangen, daß nach der Eiszeit viele diluviale Charakterformen sich aus Mittel europa nach dem Norden und nach den Hochalpen zuruckzogen, ohne sich an das warmere nachdiluviale Klima der mitteleuropaischen Hugellandschaft und Ebene anpassen zu konnen Der ganze Stoff wechsel und Hand in Hand damit auch der Pigmentchemismus ist durch das arktische Klima, wie es scheint in unwiderruflicher Weise verandert worden und so ist es auch zu erklaren, daß in der Gegen wart nordische Vogel wohl nur ausnahmsweise ihr Verbreitungsgebiet nach Suden ausdehnen wahrend z B ostliche und sudwestliche Formen immer wieder nach Mitteleuropa vorstoßen Aehnliches gilt fur kleine Krebstiere (Diaptomus gracilis), die nach der Eiszeit in den großen Seen Mitteleuropas zuruckgeblieben und in Anpassung an das pelagische Leben vollkommen pigmentlos und durchsichtig ge worden sind (bzw die von uralten marinen Vorfahren ubernommene Farblosigkeit beibehalten haben) Solche Krebse sind zwar imstande,

---

[3]) *Grinnell Swarth* Un Calif Publ Zool 10 1913 S 279

[4]) *J Ranke* Der Mensch, Kl Ausg Bd 1 Lpz u W 1920 S 151

[5]) Vgl *V Haecker* Ueber umkehrbare Prozesse i d organ Welt Schaxels Abh zur theor Biol Heft 15 B (Borntr) 1922 S 16 vgl auch Ztschr ind Abst 27 1922 S 73

sich in kleinen Tumpeln vielleicht vorubergehend einzuburgern, sie be halten aber stets die durchsichtige farblose Beschaffenheit bei welche sie von ihren Vorfahren ererbt haben, wahrend bei echten Tumpel bewohnern (Cyclops) eine reichliche Pigmentierung vorhanden zu sein pflegt

Wir haben im Vorausgegangenen immer von Stoffwechsel und Konstitutionsanderungen gesprochen und damit bereits das letzte hierhergehorige Tierfarbenproblem gestreift, die Frage, *inwieweit die Pigmentierung der Ausdruck einer allgemeinen Konstitution ist* ob also tatsachlich die Pigmentierung unter dem Einfluß des Klimas nur deshalb abgeandert wird, weil durch Klimaanderung die gesamte Konstitution geandert wird Hier stehen wir vor einem weiten Ge biet, das die Forschung noch vor ungezahlte Aufgaben stellt Es kann ja wohl kaum bezweifelt werden, daß in vielen Fallen Aenderungen der Pigmentierung nicht in ganzlich unabhangiger (autonomer) Weise, sondern im Rahmen einer bestimmten Konstitution zustande kommen Daß die Rothaarigkeit des Menschen kein selbstandiges Merkmal, sondern nur den auffalligsten Ausdruck eines Symptomen komplexes, einer „kleinen Konstitution“ bildet ist bereits angedeutet worden Auch die Fuchsfarbigkeit der Pferde ist mindestens mit einer starken Neigung zur Bildung weißer Abzeichen verbunden, weitverbreitet ist aber auch die Anschauung, daß bei den Fuchsen Widerstandsfahigkeit und Temperament ein charakteristisches Ge prage aufweisen Gelbe (flavistische) Mause zeigen Neigung zur Fettsucht und Sterilitat und besondere Erblichkeitsverhaltnisse

Wenn also die einzelnen Pigmentierungsstufen wirklich einen Index fur Konstitutionsschwankungen geringeren Grades darstellen so lautet unser Klimaproblem nicht einfach *wie wirkt das Klima auf die Pigmentierung* *sondern wie wirkt das Klima auf die Gesamt-konstitution* und auf Grund welcher physiologischer und entwick lungsgeschichtlicher Zusammenhange außern sich klimatisch be dingte Konstitutionsvariationen in Abanderungen der Pigmentierung Daß im individuellen Leben des Menschen die Wirkung der klimatischen Faktoren auf die Hauptpigmentierung wahrscheinlich eine sehr komplizierte Kausalkette darstellt, geht vor allem aus neueren Untersuchungen von *Rothman* hervor, welche den Einfluß des ultra violetten Lichtes auf die menschliche Haut zum Gegenstand haben[26]) Noch komplexerer Art muß die Wirkung des Klimas auf die Rassen und Artbildung sein, aber die Vorstellungen, die wir uns in dieser Hinsicht bilden konnen, sind zur Zeit nur ganz roher Art

Bei einem zweimaligen Aufenthalt am hiesigen Forschungs institut ist es mir vergonnt gewesen, den Versuch zu machen, dieses Gebiet wenigstens von einer Seite her in Angriff zu nehmen Es wurden bei mehreren Vogelarten, die sowohl hier in Davos, wie im

---

[26]) *St Rothman* Unters ub d Phys d Lichtwirkung Zeitschr exp Med 36 1923

Tiefland Standvögel sind, nicht bloß die Farbenunterschiede, sondern auch die morphologisch histologischen Verhältnisse speziell des Blutdrüsensystems untersucht. Ich möchte hier nur ganz kurz erwähnen, daß bei der Rabenkrähe (Corvus corone), die vermutlich seit uralten Zeiten hier im Hochgebirge als Standvogel heimisch ist [27]), geringe, aber ausgeprägte Pigmentierungsunterschiede nachzuweisen sind, wenn man die hiesigen Exemplare mit solchen aus Halle vergleicht. Die Federn der Rückenseite des Halses zeigen bei der Davoser Form einen scharfen Unterschied der schwarzen Farbe der Federnfahne gegenüber dem weißen Flaum der Federnbasis und außerdem einen gut abgegrenzten weißen „Schaftfleck", der sich in Form einer schmalen Zunge in der Mitte des Fahnenteils nach vorn erstreckt. Bei den Vögeln der Ebene sind die Farbenkontraste viel weniger scharf, der flaumige Federnteil ist mehr gräulich-weiß, die weiße Zunge am Schaft breiter und weniger scharf abgegrenzt. Ich kann bisher nicht mit Bestimmtheit behaupten, in wie weit diese Eigentümlichkeiten der Davoser Form nur bei Gebirgsvögeln auftreten [28]), wenn auch verschiedene tiergeographische Angaben über die Farbenvarianten der nächstverwandten Nebelkrähe (Corvus cornix) Anhaltspunkte für diese Annahme geben [29]). Was nun die innere Organisation anbelangt, so sind, wenn man die Alters- und Jahreszeitenunterschiede berücksichtigt, die Schilddrüsen bei der Davoser Form wesentlich größer als bei der Hallischen, auch sind während der Fortpflanzungszeit die einzelnen Follikel im Durchschnitt erheblich größer. Die Nebennieren, deren Funktion in enger Beziehung zum Pigmentstoffwechsel steht, zeigen deutlich ausgeprägte histologische Unterschiede, deren physiologische Deutung aber vorläufig noch nicht möglich ist [30]).

Alles was ich hier in Kürze vorgebracht habe, sind eigentlich nur erste Versuche in die Zusammenhänge zwischen Klima, Allgemeinkonstitution und Pigmentierung auch von zoologischer Seite aus einzudringen, und es ist natürlich noch unsicher, ob und in wie weit einmal derartige Untersuchungen auch der menschlichen Physiologie, speziell der Hochgebirgsphysiologie, zu gute kommen können, sei es

---

27) Vgl. auch *Studer* und *Fatio*, Katal. d. Schweiz. Vögel. III. Lief. Bern 1901. S. 274.

28) Bei den Unterschieden, welche der Davoser Haussperling gegenüber der Ebenenform zeigt, ist dies nicht der Fall. Die Davoser Form gehört wohl großenteils dem Passer italiae oder einer Mischform von P. domesticus und italiae an (vergl. *Studer* und *Fatio*, l. c. Lief. XIII. Bern 1918, S. 2414).

29) *Naumann-Hennicke*, Naturgesch. der Vögel Mitteleuropas. IV. Bd. S. 101.

30) Sehr auffällig ist die bedeutende Größendifferenz der Zellkerne der Inter- und derjenigen der Adrenalstränge bei 3 in diesem Jahr erhaltenen Davoser Krähen, während bei den gleichzeitig erlegten Hallischen Vögeln die Interrenal- und Adrenalsubstanzkerne nur geringe Unterschiede zeigen.

mittels wohl gesicherter Einzelergebnisse, sei es in der Weise, daß die gegenwärtigen Fragestellungen nach irgend einer Richtung hin modifiziert werden müssen. Das Davoser Forschungsinstitut steht auf dem Standpunkt, daß dies möglich ist und daß aus der engen Verbindung der menschlichen Physiologie und der zoologisch morphobiologischen Forschung auch auf diesen Gebieten Ersprießliches hervorwachsen kann. Wir Biologen aber sind seiner Leitung und seinem Kuratorium zu tiefstem Danke verpflichtet, daß das Institut auch uns in gastfreundlicher Weise seine Tore geöffnet hat.

Das Vorkommen des Jods in der Umwelt

Von Dr *Th Fellenberg* Bern

Die Bedeutung des Jodes fur den menschlichen und tierischen Organismus ist seit der durch *Baumann* im Jahre 1895 erfolgten Auffindung dieses Elementes in der Schilddruse sichergestellt Die ersten Tatsachen die fur eine solche Bedeutung sprechen liegen aber viel weiter zuruck Bereits anfangs der funfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erschienen umfangreiche Arbeiten uber das Vorkommen von Jod in der Natur Der franzosische Pharmakologe *Chatin* untersuchte mit außerst feinen Methoden systematisch alle moglichen Naturprodukte auf Jod in der Hoffnung irgendwo auf Jodquellen zu stoßen die eine technische Gewinnung dieses Elements ermoglichen wurden Dies Ziel erreichte er zwar nicht Hingegen fuhrten seine Untersuchungen zu viel wichtigeren Ergebnissen Er stellte vor allem einmal das ubiquitare Vorkommen von Jod fest Er fand Jod in den meisten Wassern in der Luft in den Wasserpflanzen und Wassertieren spater in geringerer Menge in den Landorganismen dann in den Gesteinen und besonders in der Ackererde

*Chatin*s analytische Fertigkeit gestattete ihm die Menge des Jods ziemlich genau abzuschatzen Er fand regelmaßig in der Gegend von Paris und in den franzosischen Kustengegenden verhaltnismaßig hohe Jodgehalte, in Gebirgsgegenden in den Talern der Pyrenaen und Alpen hingegen war das Jod besonders in den Gewassern in viel geringerer Menge zugegen An Hand von Hunderten von Analysen suchte er zu beweisen daß hohe Jodgehalte uberall dort vorkommen wo die Bevolkerung von Kropf verschont ist, daß aber Hand in Hand mit der Abnahme des Jods Kropf und bei noch niedrigeren Jodgehalten Kretinismus auftritt Die Entstehung der genannten Krankheiten fuhrt er auf Mangel an Jod in der Nahrung zuruck zu ihrer Bekampfung empfiehlt er neben der Wahl jodreicher Nahrungsmittel jodiertes Kochsalz

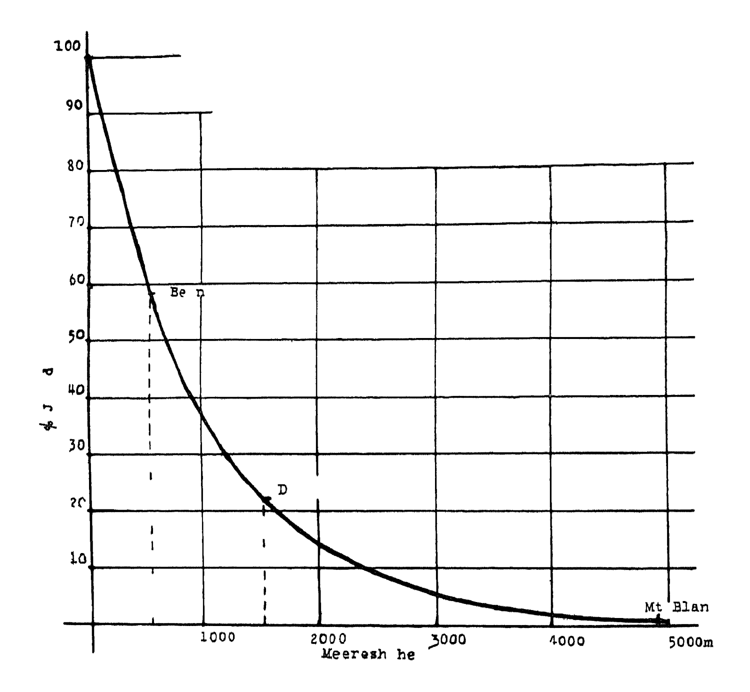
Obschon eine von der Académie des Sciences in Paris eingesetzte Kommission das allgemeine Vorkommen des Jods bestatigen konnte gerieten die Arbeiten *Chatin*s doch allmahlich in Vergessenheit besonders da es nicht an Chemikern fehlte welche die Ergebnisse dieses Forschers auf unzulangliche Weise nachpruften und in den genannten Produkten kein Jod auffinden konnten

Seit einer Reihe von Jahren ist nun die Angelegenheit wieder in Fluß geraten durch die erneute Inangriffnahme der Kropfprophylaxe Es trat das Bedurfnis auf, die Arbeiten *Chatin*'s in ihren Grundzugen nachzuprufen und speziell auch die Verbreitung des Jods in unserm Lande festzustellen Im Laufe der letzten drei Jahre sind eine Reihe von Arbeiten uber dieses Gebiet aus dem Laboratorium des eidgenossischen Gesundheitsamtes hervorgegangen Die gestellte Aufgabe war zu groß, als daß sie in diesem Zeitraum einigermaßen ab

schließend hatte behandelt werden konnen Man mußte sich damit begnugen, da und dort Einzelheiten herauszugreifen und so gewissermaßen durch Stichproben die Verhaltnisse aufklaren zu suchen Ueber diese Arbeiten mochte ich Ihnen nun einen kurzen Ueberblick geben

Jod kommt beinahe stets im bestimmbarer Menge in der Luft vor und zwar hauptsachlich in elementarer Form Es hat die großte Dampfdichte von allen bei gewohnlicher Temperatur merkbar fluchtigen Elementen, selbst eine hohere als Quecksilber Sein Dampf ist 8,65mal schwerer als Luft Daher findet es sich in den tiefsten Schichten der Atmosphare angereichert und nimmt nach oben hin rasch ab

Es laßt sich berechnen wie sich der Jodgehalt bei vollkommen ruhiger Luft einstellen wurde Folgende Kurve gibt dieses theoretische Gleichgewicht wieder



Danach waren in Bern, 544 m Meereshohe noch 58% von dem Jod vorhanden, welches sich am Meeresstrand in der Atmosphare befande, in Davos, 1559 m uber Meer, noch 21,7%, in Mont Blanc Hohe, 4810 m, nur noch 0,8 %

Beim Ueberwinden von je 1000 m Hohendifferenz wurde die Luft 62,5% ihres Jodes verlieren Beim Steigen um 707 m wurden wir die Halfte des Jods unter uns lassen

In Wirklichkeit stellt sich dieses theoretische Verhältnis aber nie ein, es wird durch Winde, durch aufsteigende Luftströmungen, durch das stete Entweichen elementaren Jods aus der Erde und den Gewässern, besonders aus dem Meer, durch das Auswaschen des Jods durch die Niederschläge beständig gestört.

Wie verschieden der Jodgehalt der Luft am selben Orte sein kann, zeigten u. a. zahlreiche Untersuchungen von Regenwasser und Schnee. Nach einer Schönwetterperiode finden sich in den Niederschlägen anfangs ziemliche Jodmengen. Hält der Regen einige Zeit an, so sinkt der Jodgehalt von Tag zu Tag. Einige regenlose Tage genügen, um die Atmosphäre wieder an Jod anzureichern. Aber nicht nur durch Regen und Schnee, auch durch Tau und Reif werden beträchtliche Mengen Jod niedergeschlagen. Verdunstet am nächsten Morgen der Tau, so geht das Jod, insofern es nicht inzwischen organisch gebunden worden ist, wieder in die Atmosphäre.

Aber nicht nur aus allen Gewässern, auch aus der Erde entweicht stets Jod in die Luft. Herrscht Windstille, so finden sich die alleruntersten Partien der Atmosphäre an Jod stark angereichert, da die Diffusion in die höhern Schichten eine gewisse Zeit erfordert.

So fand man bei gleichzeitig ausgeführten Luftanalysen direkt über dem Boden bis 9mal mehr Jod als in normaler Atemhöhe (1,55 m). Ferner erhielt man wieder bei gleichzeitiger Luftentnahme in Atemhöhe 1,3mal mehr Jod als auf einem 68 m hohen Turm. In 15 Proben Luft, meist aus der Nähe der Stadt Bern, wurde im Durchschnitt 0,7 γ Jod pro m^3 oder 0,57 γ pro kg Luft gefunden.

Die Jodgehalte werden wir im Folgenden meist als $\gamma = 0,001$ mg angeben.

Die Niederschläge weisen, auf die Gewichtseinheit bezogen, einen ähnlichen Jodgehalt auf wie die Luft, auf die Volumeneinheit bezogen, einen 1000mal höhern. 36 Regen- und Schneeproben von einem Außenquartier Berns, welche die gesamten Niederschläge während zweier Wintermonate repräsentieren, enthielten durchschnittlich 0,95 γ Jod im Liter. Auf dem Dach des eidgenössischen Gesundheitsamtes, in nächster Nähe der Bahn, wurde die anderthalbfache Menge dieses Betrages gefunden. Es zeigte sich, daß beim Verbrennen von Steinkohlen stets Jod in die Luft entweicht und zwar einerseits in anorganischer Form, andrerseits in organischer Bindung in Form von Ruß. Die Luft im Innern der Städte und an Industrieorten muß daher jodreicher sein, als auf dem Land.

Man fand in 1 kg Steinkohlen 92 γ Jod, in 1 kg Steinkohlenasche 52 γ. Da die Steinkohle ungefähr 10 % Asche enthielt, sind bei der Verbrennung 5 γ Jod in die Asche gelangt, 87 γ sind entwichen. Im Steinkohlenruß fand man 40,000 γ Jod pro kg. Es erwies sich auch der an einem Eisenbahnübergang sich absetzende Reif als viel jodreicher als gleichzeitig gebildeter Reif von andern Lokalitäten. Außerhalb Berns, in der Nähe von Wabern, fand man 1,1 γ Jod in 1 kg Reif, am Drahtgitter des erwähnten Bahnübergangs 15,3 γ. Im ersten Falle war die Hälfte, im zweiten 1/3 anorganisch gebunden, der Rest organisch.

Wenn wir die jährlich in der Schweiz verbrannten Steinkohlen auf 24 Millionen kg veranschlagen, so könnten daraus ungefähr 2 kg Jod in die Luft entweichen. Die Jodmenge aber, welche durch die Niederschläge jährlich in der Schweiz auf die Erde gelangt, ist ungefähr 10,000mal größer. Hingegen konzentriert sich das aus den Steinkohlen entweichende Jod hauptsächlich auf gewisse Zentren.

Auch der bei der Verbrennung von Holz entstehende Ruß ist jodhaltig, aber in viel geringerm Maße als Steinkohlenruß, einmal, weil der Jodgehalt des Holzes überhaupt geringer ist und dann auch, weil das Jod hier wegen der alkalischen Reaktion der Holzasche großenteils in der Asche bleibt. Während der Steinkohlenruß 423mal mehr Jod enthielt als die Kohlen selbst, fand man im Buchenholzruß nur den dreifachen, in Tannenholzruß den 23fachen Betrag von dem des Brennmaterials.

Um den Einfluß der Meereshöhe auf den Jodgehalt der Luft zu studieren, wurden vergleichende Bestimmungen in den Niederschlägen von Bern, 544 m über Meer, und von Adelboden, 1356 m, vorgenommen.

In Bern fand man im Durchschnitt von 2 Monaten 1,43mal mehr Jod als im 900 m höher gelegenen Adelboden. Dabei waren die Niederschlagsmengen in beiden Fällen ähnlich. Nach der theoretischen Berechnung hätte man in Bern das 2,43fache finden sollen. Unser Resultat zeigt also, daß dies theoretische Verhältnis zugunsten der höhern Lage verschoben wird. Ja sogar eine Abnahme des Jods mit steigernder Meereshöhe ist im einzelnen nicht immer feststellbar. Der erste Schneefall des Winter 1922/23 erfolgte bei uns in der Nacht vom 26./27. November. Man untersuchte Schneeproben von Bern, von Wabern am Fuß des Gurten und vom Gurten selbst. In der nächsten Nacht fiel nochmals Schnee. Ich bestieg nun das Niederhorn bei Beatenberg und entnahm von dort und von der 1400 tiefer gelegenen Beatenbucht ebenfalls Proben. Man fand:

Tabelle 1

	Meereshöhe	γ J im kg Schnee
Bern	544	0,65
Wabern	564	0,6
Gurten	862	0,6
Beatenbucht	570	1,9
Niederhorn	1965	2,2

Einerseits war also der Jodgehalt im Berner Oberland höher, als bei Bern, andrerseits ließ sich in der Höhe sogar etwas mehr Jod nachweisen als in der Tiefe, statt umgekehrt. Das zeigt uns den unberechenbaren Einfluß der Luftströmungen. Es herrschten damals Westwinde vor.

Einen niedrigern Jodgehalt als bei Regenwasser fand man im Flußwasser (Aare und Emme), nämlich durchschnittlich 0,7 γ, einen noch niedrigern im Berner Leitungswasser, 0,32 γ. Das Wasser verliert also auf seinem Weg durch den Boden in unsern Gegenden Jod.

Dies führt uns zu der Betrachtung der Erde und der Gesteine.

In den Gesteinen ist Jod in verhältnismäßig recht großen Mengen vorhanden. Man fand von etwa 230 γ bis gegen 12,000 γ

im kg Es kommt darin aber in recht verschiedener Form vor Durch Extraktion mit viel kaltem Wasser laßt sich nur eine geringe Spur in Losung bringen Ein Teil ist zugleich mit den Karbonaten in Saure loslich und findet sich dann in der Losung als Jodwasserstoffsaure Ein anderer Teil kann nur durch Aufschließen in Losung gebracht werden In den Silikaten ist das Jod in dieser Weise gebunden Wieder ein Teil des Jods ist in organischer Form da vielmehr bei Erde als bei den Gesteinen, und kann durch Kochen mit verdunnter Lauge abgetrennt werden

Die verwitterten Gesteine sind im allgemeinen viel jodreicher, als die festen Gesteine noch jodreicher sind die Erden Funf feste Gesteine mit durchschnittlich 1550 γ Jod pro kg vermehrten ihren Gehalt beim Uebergang in verwittertes Gestein auf 3200 γ, beim Uebergang in Erde auf 4000 γ 13 Proben festen Gesteins mit durchschnittlich 1550 γ lieferten Erden mit durchschnittlich 3350 γ Jod

Es findet also nicht nur ein Auslaugen des Jods aus dem Boden durch das durchfließende Wasser statt, sondern meist eine starke Anreicherung Beide Prozesse konnen auch Hand in Hand gehen Verwittert ein jodreiches Gestein, zum Beispiel alkalikarbonatreiches, so geht mit der Auflosung des Karbonats Jod in anorganischer Form in Losung und kann irgendwo in einer Jodquelle zu Tage treten

So sind beispielsweise die Effingerschichten des Weißen Jura aus welchen das Wildegger Jodwasser stammt sehr jodreich Ist nun der unlosliche Teil des Gesteins von vorneherein jodreicher als der losliche so erfolgt trotz der Weglosung eine relative Konzentrierung Das zuruckbleibende Gestein wird jodreicher sein als das ursprungliche

Das aufgeloste Jod kann aber auch am Ort der Entstehung teilweise oder ganz stecken bleiben Dieser Prozeß wird wohl stets eingeleitet durch eine Adsorption Bei sauren Gesteinen ließ sich eine solche experimentell in etwas starkerm Maße nachweisen, als bei basischen Gesteinen Sie war aber unter unsern Versuchsbedingungen stets nur unbedeutend und es ist fraglich, ob sie allein zu einer nennenswerten Erhohung des Jodgehaltes fuhren konnte Es spielen sich aber in der Erde nach erfolgter Adsorption noch weitere Reaktionen ab

Man konnte denken, daß eine Ueberfuhrung in eine unlosliche anorganische Verbindung erfolgt Wie andere Halogene, Cl und F in Form von Apatiten unlosliche Verbindungen eingehen, so konnte auch Jod ahnliche Jodapatite bilden Solche sind aber bis jetzt noch nicht bekannt geworden Wir wissen uber die ganze Frage noch nichts Sicheres Hingegen wissen wir, daß ein Teil des Jods in organische Bindung ubergeht und dadurch wasserunloslich wird Die Erde hat stets in mehr oder weniger hohem Grade die Fahigkeit, aus vorhandenem Jodid elementares Jod abzuspalten Diese Fahigkeit laßt sich leicht bestimmen durch Zusatz großerer Jodidmengen zu der Erde und Absaugen und Auffangen des gebildeten Jodes in Pottaschelosung Die Wirkung ist bei den verschiedenen Erden sehr verschie

den. Sie wird beschleunigt durch Katalysatoren, wie Eisen und Mangan, und ist sehr abhängig von der Wasserstoffionenkonzentration der Erde. Je saurer die Erde ist, desto leichter spaltet sie Jod ab. Bei gleicher Wasserstoffionenkonzentration wirken Eisen- und manganreiche Erden stärker als solche, welche arm an diesen Metallen sind.

Die Bedingungen sind zur Jodspaltung günstig, sobald die Möglichkeit gegeben ist, aus Jodid Jodwasserstoffsäure zu bilden und sobald Sauerstoff zugegen ist, besonders in durch Katalysatoren aktivierter Form, wobei dann Jodwasserstoffsäure zu Jod oxydiert wird.

Das bereits erwähnte Entweichen von Jod aus den Gewässern erfolgt nach demselben Prinzip. Gelegentlich spielt dabei auch salpetrige Säure bezw. Nitrit und Kohlensäure eine Rolle. Bei Regenwasser, welches man sich selbst überließ, traten nach 30 Tagen Verluste von 31,41 und 100 % auf, bei Meerwasser waren nach 25 Tagen erst 6—8 % des Jods entwichen. Das Meerwasser reagierte deutlich alkalisch (pH betrug 7,5), daher die langsamere Reaktion.

Kehren wir zu der Erde zurück. Das in Freiheit gesetzte Jod entweicht zum Teil in die Luft und kehrt so in den Kreislauf zurück. Ein Teil davon wird aber an die organischen Stoffe der Erde gebunden und bleibt somit im Boden. Je reicher eine Erde an organischen Stoffen ist, desto mehr wird sie sich an Jod anreichern können, vorausgesetzt, daß ihr anorganisches Jod zugeführt wird und daß die Bedingungen zur Abspaltung elementaren Jodes günstig sind, denn das Jodid wird, soweit unsere Erfahrungen reichen, nie direkt in organische Jodverbindungen übergeführt, sondern immer erst, nachdem es vorher in elementares Jod übergegangen ist. So ließ sich zeigen, daß Eiereiweiß, in Kaliumjodidlösung gebracht, nur dann Jod aufnimmt, wenn für eine, wenn auch nur ganz schwach saure Reaktion und für genügend Luftsauerstoff gesorgt ist, also für Bedingungen, unter denen freies Jod entstehen kann. Ebenso nehmen auch Bakterien und Schimmelpilze nur unter diesen Bedingungen aus Jodidlösungen Jod auf. Wir dürfen wohl auch für die organischen Substanzen im Boden dasselbe annehmen. Ob die Jodierungen in der Schilddrüse ebenfalls nach diesem Schema vor sich gehen, wissen wir einstweilen noch nicht.

Das organische Jod der Erde ist sehr fest gebunden und wird nicht leicht wieder abgespalten. Es kann durch die Pflanzen natürlich nicht direkt aufgenommen werden, sondern nur in dem Maße, wie es wieder in anorganische Form übergeführt wird. In welchem Grade das geschieht, wie weit der Prozeß von der Jahreszeit, der Witterung, der Temperatur, den Feuchtigkeitsverhältnissen, der Bodenbearbeitung und -durchluftung, der Vegetation und der Bakterienflora abhängt, ist noch nicht näher untersucht worden.

Die Tatsache, daß die Erde nahezu immer jodreicher ist als ihr geologischer Untergrund, zeigt uns, daß die Abspaltung des organischen Jods im allgemeinen langsamer verläuft, als seine Bindung.

Ein Teil des Jods wird so fortdauernd aus der Zirkulation herausgenommen und aufgespeichert, um vielleicht erst in spätern geologischen Epochen wieder in Umlauf gesetzt zu werden.

Wenn die Speicherung des Jods schon für die toten organischen Stoffe der Erde gilt, so gilt sie in noch viel höherm Grade für die organisierten Gebilde, und zwar hauptsächlich für die Meeresorganismen. Meerespflanzen und -tiere sind im allgemeinen sehr jodreich, bei den letztern sind nicht nur die Weichteile, sondern selbst die Panzer und Schalen jodhaltig. In jeder Muschelschale, in jeder Koralle läßt sich organisches und anorganisches Jod nachweisen. Die Meerestiere scheinen jedoch vorwiegend organisches Jod zu enthalten. Bekannt ist das Dijodtyrosin des Badeschwammes und der Gorgonia.

In manchen Meeresalgen herrscht das anorganische Jod bei weitem vor. So fand ich in einer eßbaren japanischen Braunalge, Kombu genannt, 0,264 % Jod oder 2,64 Millionen γ im kg, wovon $^5/_6$ in anorganischer und nur $^1/_6$ in organischer Bindung vorlag. Der Gehalt ist immer noch niedriger als der des Badeschwamms. Dort wurden 0,387 % Jod gefunden. In der Literatur sind zum Teil noch höhere Zahlen angegeben [1]).

Wie viel Jod die Meeresablagerungen führen, das hängt wohl sehr von ihrem Gehalt an organischen Resten zur Zeit ihrer Entstehung ab, sodann von der mehr pflanzlichen oder mehr tierischen Zusammensetzung dieser Reste und schließlich davon, ob die oxydativen Bedingungen zu einer gründlichen Verwesung vorhanden sind oder nicht. Die Meeresalgen dürften den Ablagerungen weniger Jod zuführen als die Meerestiere, da ihr anorganisches Jod nach dem Absterben großenteils wieder in Lösung geht.

Wenn die Meeresorganismen durch die Brandung an den Strand geworfen werden und dort verwesen, so ist die Möglichkeit gegeben, daß ihr Jod, besonders das anorganische der Algen, durch die katalytische Wirkung der Erde in elementare Form übergeführt, in die Luft geht und neben dem direkt aus dem Meerwasser sich entwickelnden Jod als Tau und Regen wieder in den benachbarten und entfernteren Gegenden dem Erdboden zugeführt wird. Es steht mir nur eine einzige Analyse von Tau von der Nähe des Meeres zur Verfügung. Sie wurde mir durch Dr. *Eggenberger* von Forte dei Marmi an der ligurischen Küste mitgebracht. Sie enthielt 18 γ Jod im Liter, während Tauproben von Bern nur 4,8 und 7,1 γ ergaben.

Der vermutlich recht hohe Jodgehalt der Meeresluft, der übrigens unbedingt nachkontrolliert werden sollte, rührt nicht oder kaum von verstaubtem Meerwasser her, wie vielfach vermutet wird, sondern von elementarem Jod, welches in der geschilderten Weise in die Luft gelangt.

1) Diese japanische Alge ist das jodreichste Nahrungsmittel, welches mir bisher in die Hände kam. 20 g davon, etwa als Einlage in einen Fisch genossen, enthalten etwa 1400mal mehr als die tägliche Ration jodiertes Kochsalz.

Die Meeresorganismen nehmen so begierig Jod auf, daß das Meerwasser selbst immer nur relativ wenig davon enthält. In 6 Proben Meerwasser aus Frankreich und Italien fand ich im Liter 5—51, durchschnittlich 23 γ.

Sehr verbreitet ist die irrtümliche Meinung, Meersalz sei jodreich. Das ist durchaus nicht der Fall. Man bedenke, wie das Salz gewonnen wird, daß bei der Kristallisation die Jodide in der Mutterlauge bleiben, daß das Salz vor dem Versand meist Monate lang offen liegen bleibt, wobei es seine letzten Jodspuren noch verlieren kann. Man fand in 4 Proben französischen Meersalzes 0—15 γ, im Durchschnitt 4,1 γ Jod im kg, einen Gehalt, der nicht höher ist als der unseres bis vor kurzem als jodfrei angesehenen Rheinfelder Salzes und 60mal weniger ausmacht als beim Salz von Bex.

Einen etwas höhern Gehalt zeigte ein rohes Lagunensalz von der Malabarküste, es enthielt 66 γ im kg. Nach der gebräuchlichen Reinigung durch die Einwohner, die aber nicht in einem Umkristallisieren, sondern in einem Umlösen besteht, wobei die ganze Lösug eingedampft wird, waren noch 58 γ vorhanden. Die Vorstellung, daß der Konsum von Meersalz die Entstehung des Kropfes verhüten könne oder daß Meersalzbäder eine spezifische Jodwirkung ausüben, ist nicht haltbar.

Obschon das Meerwasser nicht gerade als jodreich bezeichnet werden kann, so überragt sein Jodgehalt den der Süßwasser doch bei weitem, so sind auch die Meeresorganismen außerordentlich viel jodreicher als die Süßwasserorganismen. Folgende kleine Tabelle mag Ihnen dies illustrieren.

Tabelle 2

	γ J im kg
Meer	
Meerwasser (Strand) 5 Proben	23
Meertang trocken 2 Proben	1 770 000
Meerfische (nach Bourcet) 27 Proben	900
Süßwasser	
Trinkwasser 7 Proben	0,32
Regenwasser Bern 36 Proben	0,95
Flußwasser 5 Proben	0,7
Süßwasseralgen trocken 4 Proben	3260
Süßwasserfische (Aare, Thunersee) 2 Proben	33

Trotz des gewaltigen Unterschiedes gegenüber den Meeresalgen sind doch auch die Süßwasseralgen verhältnismäßig sehr jodreich. Auch sie haben die Fähigkeit, dem Wasser sein Jod weitgehend zu entziehen.

Bei den Landpflanzen sind es im allgemeinen die Blatteile, welche hauptsächlich Jod aufnehmen. Bei zirka 20 Blattgemüse und Grasproben fand man, auf Trockensubstanz berechnet, durchschnittlich 385 γ Jod im kg, also ungefähr 8,5mal weniger als bei den Süßwasseralgen. Daß das Jod, welches doch so reichlich im Boden vorhanden ist, nicht besser aufgenommen wird, hängt natürlich damit zusammen, daß die Jodverbindungen des Bodens meist sehr wenig löslich sind. So konnte man aus einem feinen Schlamm eines

Urgesteins mit 13400 γ im kg durch zweistündiges Schütteln mit dem 10fachen Gewicht an destilliertem Wasser nur 0,4 % des Jods herauslösen.

Man könnte denken, daß sich durch künstliche Düngung mit Kaliumjodid eine starke Jodanreicherung in den Pflanzen erzielen lasse. Auf der eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Liebefeld vorgenommene Versuche mit Runkelrüben ergaben auch eine gewisse Vermehrung, die mehr die Blätter, als die Wurzeln betraf. Sie stand aber hinter den Erwartungen zurück.

Die Erde der Versuchsanstalt wirkt in hohem Grade katalytisch. Sie oxydiert das zugesetzte Jodid zu elementarem Jod. Da durch gute Stallmistdüngung für genügend organische Stoffe gesorgt war, wurde das freie Jod in unwirksames organisches Jod übergeführt. Das Hauptresultat des Versuches war somit eine Umwandlung des zugesetzten anorganischen Jodes in organisches und eine nur geringe Mehraufnahme durch die Pflanzen. Vermutlich würden andere Böden unter denselben Versuchsbedingungen bessere Resultate ergeben haben. So hat auch *Stoklasa* bei Versuchen, die er mit Zuckerrüben in Prag vornahm, eine bessere Jodresorption erhalten als wir.

Die Pflanzen nehmen übrigens nicht nur durch die Wurzeln, sondern auch durch die Blätter direkt aus der Luft Jod auf, wie mehrmals nachgewiesen wurde.

Das zeigte sich u. a. darin, daß die untern Zweige eines Thujastrauches als deutlich jodreicher befunden wurden als die obern Zweige. Auch fand man an einer an einem Buchenstamm wachsenden einzelligen Alge die dem Boden benachbarten Pflänzchen jodreicher als die höher oben sitzenden. Beide Befunde deuten auf das auch direkt nachgewiesene Entweichen elementaren Jodes aus dem Boden, auf seine Anreicherung in den tiefsten Luftschichten und auf eine direkte Aufnahme des Luftjods durch die Pflanzen.

Verhältnismäßig recht jodreich sind die Flechten, wenn sie schon auf jodarmer Unterlage, wie etwa Baumrinde wachsen oder auf Unterlagen, die zwar jodreicher sind, ihr Jod aber in äußerst schwer zugänglicher Form enthalten, wie das bei den Urgesteinen der Fall ist.

Die Flechten greifen das Gestein nur so oberflächlich an, daß sie ihm kaum nennenswerte Jodmengen entziehen können. Das Jod muß also auch hier aus der Atmosphäre und den atmosphärischen Niederschlägen Regen, Schnee, Tau stammen. Es macht sich hier ein deutlicher Einfluß der Höhenlage bemerkbar. In 4 im Oberwallis bis zur Höhe von 2800 m gewachsenen Flechten wurden im Mittel 240 γ Jod im kg gefunden, in 4 im bernischen Mittelland gewachsenen 380 γ. Hier zeigt sich also wieder der etwas niedrigere Jodgehalt der Höhenluft.

Die allerhöchsten Jodgehalte unter den Landpflanzen, bis 2400 γ, finden wir bei einer einzelligen Alge. Das langsame Wachstum dieser Pflänzchen dürfte sie noch mehr als die Flechten zur Aufnahme des Jods aus der Luft befähigen.

Die Blätter der Bäume enthalten im Frühjahr, gleich nachdem sie gewachsen sind, noch wenig Jod; erst allmählich steigt der Gehalt an. So fand man im Buchenlaub aus einem Walde bei Bern am 12. Mai 1,2 $\gamma\gamma$ pro Blatt, am 16. August aber 17,1 $\gamma\gamma$, wobei 1 $\gamma\gamma$ = 1 Millionstel Milligramm.

Beim Absterben und Abfallen der Blätter wird das Jod nicht oder nur in geringem Grade zurückgezogen, da es vorwiegend organisch gebunden ist und zwar in wasserunlöslicher Form. So fand man im Monat Mai im letztjährigen, am Waldboden aufgelesenen Buchenlaub noch 9,9 $\gamma\gamma$ Jod pro Blatt. Es ist klar, daß der Humus durch das Fall-Laub wesentlich an Jod bereichert wird.

Da uns die ganze Jodfrage hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Kropfproblem interessiert, wurden eine Reihe von Produkten aus kropffreien Gegenden und aus Kropfgegenden auf ihren Jodgehalt untersucht. Zuerst wurden das nahezu kropffreie La Chaux-de-Fonds und das stark mit Kropf behaftete Signau miteinander verglichen. Man analysierte je 10 Gemüsesorten und das Trinkwasser. Die Produkte von La Chaux-de-Fonds waren im ganzen jodreicher. Man berechnete nach einer allerdings ziemlich willkürlichen Zusammenstellung den Jodgehalt der täglichen Nahrung und kam dabei für Signau auf 13 γ, für La Chaux-de-Fonds auf 31 γ Jod. Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds war 21mal jodreicher als das von Signau.

Sodann verglich man einige aargauische Dörfer miteinander, von welchen nach einer 10 Jahre früher durch *Dieterle*, *Hirschfeld* und *Klinger* vorgenommenen Untersuchung die Kropfhäufigkeit bekannt war.

Bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln war hier ein Unterschied in der erwarteten Richtung nicht zu bemerken, wohl aber bei den tierischen Produkten, Milch und Eiern, ferner in hohem Grade bei Trinkwasser, bei der Luft und schließlich bei den Gesteinen und der Erde.

Folgende kleine Tabelle, ein Auszug aus vielen Zahlen, mag Ihnen dies zeigen.

Tabelle 3

	% Kropf	γ J im kg Gestein	γ J im kg Erde	γ J im l Wasser	γ J im m Luft
Effingen	1	5400	11900	2,5	0,51
Hornussen	12,1	830	4940	—	—
Hunzenschwil	56,2	510	620	0,15	—
Kaisten	61,6	430	1400	0,69	0,03

Sie sehen, wie sich das nahezu kropffreie Effingen durch einen außerordentlich hohen Jodgehalt seiner Gesteine und der Erde auszeichnet und wie der Jodgehalt mit steigender Kropfhäufigkeit sinkt.

Daß das resorbierbare Jod der Nahrung auch in Effingen bedeutend höher ist als in den genannten andern Aargauerdörfern, beweisen Harnuntersuchungen, welche an 30 Personen dieser Ortschaf

ten ausgeführt wurden. Die durchschnittliche tägliche Jodausscheidung durch den Harn betrug in Effingen 64, in Kaisten 19 und in Hunzschwil 17 γ. Die gesamte Ausscheidung muß überall etwas höher sein, da auch auf anderm Wege als durch den Harn Jod ausgeschieden wird. Jedenfalls können diese Zahlen zur Vergleichung der Jodbilanz der Bewohner der genannten Dörfer dienen.

Genauere Untersuchungen über den Jodstoffwechsel habe ich an mir selbst in einem 54 Tage dauernden Versuch ausgeführt. Die Grundnahrung bestand aus Brot, Milch, Butter, Käse, Konfiture, Aepfeln und Kartoffeln. Sie enthielt 14 γ Jod pro Tag. Nachdem die tägliche Jodausscheidung anfangs etwas höher gewesen war, stellte sie sich allmählich ungefähr auf den Gehalt der Grundnahrung ein. In einer nun folgenden Periode wurden täglich 50 γ Kaliumjodid eingenommen, dieselbe Menge, welche man durch den Genuß von 10 g jodiertem Salz erhält. Das Jodid wurde vollständig resorbiert, die Jodausscheidung erhöhte sich, aber nicht bis zur Höhe des eingenommenen Jods. Ein Teil wurde gespeichert, und zwar ungefähr 1/3. Aehnlich verhielt es sich nach der Einnahme von Lebertran. Auch hier wurde das Jod resorbiert und ein entsprechender Teil gespeichert. Bei Genuß von Sardinen hingegen und von Bachkresse war die Resorption bedeutend schlechter. Es wurde ein großer Teil des Jods mit dem Kot ausgeschieden.

Als man nach diesen Mehraufnahmen an Jod wieder zur Grundnahrung zurückging, schied man nun in der nächsten Zeit bedeutend mehr Jod aus als man einnahm, nämlich ungefähr 40 γ, während doch die Einnahme nur 14 γ betrug. Durch die Jodspeicherung war eine leicht mobilisierbare Jodreserve angelegt worden, welche nun in Funktion trat. Selbst an zwei aufeinander folgenden Fasttagen betrug die Ausscheidung noch 25 und 31 γ.

Bei diesen Untersuchungen waren Harn, Kot, Nasenschleim und Schweiß, so gut dieser sich fassen ließ, analysiert worden.

Die unvollständige Resorption des Jods der Pflanzennahrung, die nach Genuß von Bachkresse zutage trat, wurde durch Versuche an der Kuh bestätigt. Es zeigte sich, daß die Kuh, die doch selbst Zellulose verdaut, die Jodverbindungen des Grases und Heus nur unvollständig ausnutzt. Im Durchschnitt von je 16 Proben fand man im Liter Harn 22,5 γ Jod, im kg Kot 51 γ. Wenn man die abgesonderte Harnmenge auf 20 l, die Kotmenge auf 30 kg schätzt, so kommt man in unserm speziellen Falle auf eine tägliche Ausscheidung von 440 γ Jod durch den Harn und von 1020 γ durch den Kot.

Man kann also aus dem Gesamtjod eines Nahrungsmittels noch keinen Schluß ziehen auf die Menge des wirklich resorbierbaren Jods, auf welches es ja einzig ankommt. Aus dem so viel höhern Jodgehalt der Harne von Effingen geht mit größter Wahrscheinlichkeit hervor, daß die dortigen Gemüse bei ungefähr gleichem Jodgehalt den Gemüsen von Kaisten und Hunzenschwil in der Resorbierbarkeit weit überlegen waren. Wahrscheinlich war das anorganische Jod darin in

größerer Menge zugegen. Zur Zeit überblicken wir diese Verhältnisse noch nicht genügend. Wir wissen über die Jodverbindungen unserer täglichen Nahrung und über ihre Resorbierbarkeit noch zu wenig. Anorganisches Jod scheint darin in sehr wechselnden Mengen, meist nicht gerade reichlich aufzutreten. An Fett gebundenes Jod kommt ebenfalls meist nur in sehr geringer Menge vor. In Erdnußöl wurden 4, in Schweinefett 17 γ im kg gefunden. Es gibt aber Ausnahmen. Sehr jodreich ist Lebertran. Man fand darin 3500—7000 γ. In Eieröl waren 360—420, in Butterfett wechselnde Mengen; in der bernischen Marktbutter etwa 40—100 γ im kg. Diese Befunde deuten auf einen Zusammenhang zwischen fettlöslichem Jod und Vitamin A hin. Es scheint, daß die Fette, welche Vitamin A enthalten, auch reich an fettlöslichem Jod sind, vielleicht sogar im Verhältnis zu ihrem Gehalt an Vitamin.

Außer dem anorganischen und dem an Fett gebundenen Jod ist auch das Jod der Schilddrüse, Tyroxin und jodierte Proteine, resorbierbar. Was sonst noch für Jodverbindungen vorkommen, in welcher Weise das unverdauliche Jod der grünen Pflanzen gebunden ist, wissen wir nicht.

Welchen Einfluß die Witterung auf die Zusammensetzung eines Futtermittels haben kann, wurde an verregnetem und unverregnetem Heu untersucht. Bei der regnerischen Witterung im Juli dieses Jahres konnte das Heu in den hohern Lagen vielfach nicht trocken eingebracht werden. Ich untersuchte eine Probe eines 4—5 Tage draußen gelegenen nahezu täglich verregneten Heus und eine sorgfältig getrocknete Grasprobe von demselben Feld. In beiden Proben wurde das Gesamtjod und das anorganische Jod bestimmt. Man fand:

Heu, nicht verregnet: 447 γ Gesamtjod im kg, 45 γ anorg. Jod im kg
Heu, verregnet: 417 γ Gesamtjod im kg, 5 γ anorg. Jod im kg

Vom anorganischen Jod war also nur noch 1/9 vorhanden. Organisches Jod scheint nicht herausgelöst worden zu sein.

Wie amerikanische Forscher an einem großen Material festgestellt haben, sind die Schilddrüsen unserer Haustiere im Herbst am jodreichsten und nehmen gegen das Frühjahr immer mehr an Jod ab. Wenn wir nur den Gesamtjodgehalt der Nahrung betrachten, so ist uns ein solches Verhalten vollständig unverständlich, denn im Heu ist nicht merkbar weniger Jod enthalten als im Gras. Ein deutlicher Jodverlust beim Trocknen des Grases oder bei der Aufbewahrung des Heus läßt sich wohl nicht nachweisen. Wenn wir aber annehmen, daß die Form, in der das Jod auftritt, maßgebend ist, so dürfen wir vermuten, daß etwa die Resorbierbarkeit des Jods bei der Lagerung abgenommen hat, daß vielleicht resorbierbare organische Jodverbindungen in nicht resorbierbare übergegangen sind, oder daß anorganisches Jod organisch gebunden worden ist. Es könnten aber auch Veränderungen im Vitamingehalt der Nahrung oder Reaktionsänderungen im endokrinen System die Jodspeicherung der Schilddrüse beeinflussen.

Am meisten interessieren werden Sie die Zusammenhänge zwischen Jod und Klima, insofern sich solche überhaupt auffinden lassen.

Heinrich Hunziker hat in genialer Weise durch Verarbeitung der Rekrutenstatistiken von 13 Jahrgängen feststellen können, daß ein enger Zusammenhang zwischen Kropf und Klima besteht. Wenn es uns nun gelingen sollte, Zusammenhänge zwischen Jod und Klima zu finden, so würde das auch wieder für einen kausalen Zusammenhang zwischen Jod und Kropf sprechen.

Hunziker hat nachweisen können, daß der Kropf in der Schweiz in gehäufter Zahl in den mittleren Lagen von 600—900 m auftritt. In den tiefern Lagen ist er seltener und ebenso auch in den höhern Lagen. *Hunziker* zeigt ferner, daß diese mittlern Lagen sich besonders in der Frühjahrszeit, während der Schneeschmelze, durch ein besonders feuchtes Klima auszeichnen. Die Schneeschmelze dauert hier viel länger als in den tiefern Lagen, die zur selben Zeit bereits schneefrei sind und auch länger als im Hochgebirge.

Die Zusammenhänge zwischen Kropf und Klima sind so enge, daß eine geographische Verschiebung der Kropfhäufigkeit im Laufe der Jahre sich feststellen ließ, die mit entsprechenden Klimaverschiebungen in direktem Zusammenhang zu stehen scheint.

Wenden wir uns nun wieder dem Zusammenhang zwischen Jod und Klima zu. Da müssen wir vor allem an die Möglichkeit denken, daß der Jodbedarf in den verschiedenen Klimaten ein verschiedener sein könnte, wie *Hunziker* und auch *Eggenberger* annehmen. Daß das Meeresklima, abgesehen von lokalen Momenten, im allgemeinen am jodreichster ist, daran dürfte kein Zweifel bestehen. In der Regel genügt dieser Jodgehalt, um Kropf vollständig zu vermeiden. In feuchten, nebelhaften Klimaten ist das vielleicht nicht stets der Fall. Die günstigen Einwirkungen des herrlichen Klimas des Golfes von Neapel auf die Schilddrüse, auf das Knochenwachstum und den Haarwuchs, wie sie im Vortrage von Herrn *Cuomo* geschildert werden, das sind doch dieselben Wirkungen, die man auch mit jodiertem Kochsalz erzielt.

Im Höhenklima dürfte der Jodbedarf ein niedrigerer sein als in den mittleren Lagen, so daß der Kropf dort weniger auftritt, obschon, wieder abgesehen von etwaigen zufälligen lokalen Momenten eines höhern Jodgehalts der Gesteine oder der Gewässer, der Jodgehalt dort am geringsten sein dürfte.

Wie kann man sich aber einen verminderten Jodbedarf der Schilddrüse im Höhenklima vorstellen? Ich denke da entweder an eine direkte Einwirkung des Höhenklimas, vor allem der Strahlung auf die Schilddrüse oder an eine indirekte Wirkung auf dem Umweg über die Haut oder das Blut. Es wäre denkbar, daß durch diese Einwirkung unwirksame Jodverbindungen in wirksame, von der Schilddrüse assimilierbare, umgewandelt würden, sei es, daß sich

dieser Vorgang in der Haut oder in der Blutbahn abspielte. So würde gewissermaßen die entgegengesetzte Reaktion eintreten, die wir beim Altern des Heus angenommen hatten. Wie dort die Jodverbindungen des Grases, sobald dieses getrocknet wird und die Lichtwirkung aufhört, allmählich unwirksamer werden, so hätten wir hier vielleicht in unserm Organismus selbst durch die Bestrahlung eine Steigerung der Wirksamkeit der Jodverbindungen durch Umwandlung in eine geeignetere Form.

Entschuldigen Sie diese Abschweifung in das Hypothetische. Das ganze Gebiet, über welches ich Ihnen vorzutragen die Ehre hatte, ist ja noch recht wenig bearbeitet. Was die Zusammenhänge mit dem Klima betrifft, konnte ich leider nur einige Möglichkeiten äußern. Ich glaubte aber, sie nicht unterdrücken zu sollen, da sie Fragen aufrollen, die wenigstens teilweise dem Experiment zugänglich sein dürften und die zu bearbeiten, wie mich dünkt, sowohl für die Kropfbekämpfung wie für die Klimatologie von einer gewissen Bedeutung sein könnte.

Ueber die Unterschiede zwischen Kusten- und Binnenlandklima in Holland

Von Dr C M Mol s Gravenhage

In der medizinischen Wissenschaft hat die Erfahrung hohern Wert als die Theorie

Besonders in der Klimatotherapie hat erstere fast allein bis jetzt den richtigen Weg gezeigt ,Le malade' sagt *d'Espine* ,est en definitive un meilleur reactif, que nos cerveaux de theoriciens" Aber der wissenschaftliche Arzt wenn er einen therapeutischen Faktor in irgendeinem Klima erblickt, wenn er schon annimmt, daß es einen Einfluß auf den gesunden oder kranken Menschen ausubt, will auch das Wie und Warum wissen, und ihm laßt die Frage der Kausalitat keine Ruhe Es gibt zwar noch Mediziner, welche an physiologische und therapeutische Wirkung der Klimafaktoren nicht recht glauben wollen und die beobachteten Folgen nur der Suggestion der Kranken oder sogar des Arztes zuschreiben

Ich will darauf nicht tief eingehen Nur mochte ich was das Seeklima betrifft, daran erinnern, daß z B *Haeberlin* und *Muller* gefunden haben daß der Kalorienverbrauch in der Nahrung, welcher bei Kindern in Berlin 1445 Kalorien p m Korperoberflache betrug in einer Walderholungsstatte bei Berlin auf 1500, an der See aber bis auf 2700 Kal anstieg Da ist doch mit der Hypothese der Suggestion nicht viel anzufangen

Kestner der Hamburger Physiologe, hat Stoffwechselversuche gemacht mit Patienten des Seehospizes der Stadt Schoneberg auf Fohr und hat dabei die Steigerung des Gaswechsels, welche von verschiedenen Faktoren des Seeklimas bedingt wird, feststellen konnen Wie schon fruher *Loewy* und *Muller* hat er Seeklima und Hochgebirgsklima als die beiden einzigen Klimate bezeichnet, welche derweise auf den Organismus einwirken Das Binnenland auch das Mittelgebirge, und das Mittellandische Meer besitzen solche Klimafaktoren nicht

Was nun die Wirkung des Seeklimas betrifft, so bestehen z B zwischen dem Klima der Nordseekuste und demjenigen der mitteleuropaischen Niederung so augenfallige Unterschiede, daß es nicht

schwer fällt, eine verschiedene Wirkung dieser beiden auf den Organismus anzunehmen. Das Seeklima ist feucht, die Sommer am Meere sind kühl, die Winter warm, die Luft ist stark bewegt, die vorhandenen Winde wehen von dem Wasser her und bedingen eine relativ große Reinheit der Atmosphäre. In allen diesen Beziehungen bestehen im Inland teilweise entgegengesetzte Verhältnisse. Die Temperaturunterschiede sind größer, die Luftfeuchtigkeit ist geringer und mit der Staub- und Bakterienfreiheit der Luft ist es, wenigstens an den dichtbevölkerten Stellen, öfters übel beschaffen. Jedoch wenn man die Frage stellt, warum bei gesunden, aber noch mehr bei kranken Menschen, welche aus in nächster Nähe des Meeres gelegenen Gegenden zur Küste kommen, die gleiche Umstimmung des Organismus sich einstellt, wie bei den aus dem fernern Osten gekommenen, dann wird die Antwort schon schwieriger. Es handelt sich zum Beispiel darum, wie zu erklären ist, daß die Einwohner der Niederlande, welche auf zehn bis hundert Kilometer vom Meere wohnen, ebenso stark durch den Aufenthalt an der Küste beeinflußt werden, wie die Mitteleuropäer. Denn im ganzen niederländischen Reiche haben wir das feuchtkühle Seeklima. Der Wind ist in unserm flachen, ebenen Lande überall stark genug, die Temperaturverhältnisse weichen nur wenig ab von denselben an der Küste. Staub und Bakterien sind, abgesehen von den größern Städten, in der Luft kaum in größerer Menge vorhanden.

Wenn wir dennoch den mächtigen Umschwung sehen, den der Organismus unserer Kranken nach der Beförderung an die Küste erfährt, dann drängt sich geradezu die Ueberzeugung auf, daß noch andere Faktoren wirksam sein müssen, entweder qualitative Unterschiede, die wir noch nicht kennen, oder quantitative Differenzen, die bis jetzt unterschätzt worden sind.[1])

Der ganzen Küste des Festlandes Hollands entlang liegt eine breite, stellenweise bis 50 m hohe Dünenreihe, nur an einer schmalen Stelle unterbrochen. Die Dünen sind von der Wasserlinie durch einen breiten flachen Strand getrennt. Der Strand besteht aus grobkörnigem weißem Sand mit Muscheln gemischt. Die Dünen bestehen aus ebensolchem Sand, und sind teilweise mit Helmgras und andern Pflanzen und Sträuchern, teilweise mit Wald bewachsen, während hier und dort der Sandboden frei zu Tage liegt. Hinter den Dünen liegen die niedrigen mit Gras und Getreide bewachsenen ausgedehnten Polders der Provinzen Noord- und Zuid-Holland, welche sehr wasserreich und

---

[1]) *Storm van Leeuwen* legt großes Gewicht auf die absolute Reinheit der Luft bei Asthma. Er will fast alle Fälle von Asthma auf Ueberempfindlichkeit für die spezifischen Allergenen zurückführen und meint durch Aufenthalt in künstlich gereinigter Luft fast jedes Asthma heilen zu können. Auch für andere Krankheiten wie Tuberkulose, Gicht, Rheumatismus verspricht er sich davon große Erfolge. Da ist besonders bei einer Krankheit wie das Asthma weitere Nachprüfung wünschenswert und Bestätigung andererseits abzuwarten.

gıoßenteils unter dem Nıveau des Flußwassers lıegen Sie werden durch Wassermuhlen kunstlıch trocken gehalten Dieser wasserreiche und uberdies mıt uppiger Vegetation bedeckte Boden ist wenig ge eignet, Staub zu bılden Am Strand und ın den Dunen ist der Sand zu grobkornig um zu verstauben Nur bei Sturm weht der Sand auf, aber dieser aufgeworfene Sand ist zu grob, um inhaliert zu werden Der Wind kommt uberall vorwiegend von der See her

Barbier hat vor langerer Zeit die Unterscheidung gemacht zwi schen dem Klıma des Strandes und demjenigen der unmittelbar hinter dem Strand gelegenen Zone Das erstere nennt er climat marin, das letztere climat maritime Das climat maritime ist das Klima der Gegend, welche unmittelbar hinter der ersten Dunenreihe gelegen ist oder durch Wald Felsen oder hohe Gebaude dem unmittelbaren Einfluß des Seewindes entzogen ist Dieses climat maritime haben viele Orte an der hollandischen Kuste Es hat einen andern Einfluß auf den Kranken als das eigentliche Strandklima Es laßt sich das zum Beispiel bei der Rachitis leicht feststellen Die Rachitis heilt viel besser am Strand als in der Gegend welche 300—1000 m mehr nach innen liegt

Es ist beim Studium des Kustenklimas noch mit einem Faktor zu rechnen, namlich mit der chemischen Beschaffenheit der Luft

Von alters her hat man von der salzigen Seeluft gesprochen, und fruher wurde gemeint, daß der Salzgehalt der Luft einer der wich tigsten Faktoren des Seeklimas ware Nur so weit als der Wind das Salz des Meeres nach innen wehte bestande Seeklima Das hat man jetzt anders gelernt Im allgemeinen kann man wohl sagen daß Kochsalz ein wechselnder und kein regelmaßiger Bestand teil der Luft ist Daß es mit Verdampfung des Wassers in die Luft kame, ist eine physikalische Ketzerei Es kann nur hineingeraten durch Verstaubung von Wasserteilchen bei kraftigem Wellenschlag, also bei Flut und starkem Wind

Viele Untersucher sind darin einig *Lindemann* *Loewy* *Muller* *Cronheim* und *Bornstein* haben bei ruhigem Wetter kein Kochsalz gefunden Von niederlandischen Untersuchern waren zu nennen *Hofman* welcher an der Kuste in Scheveningen auch negative Resultate hatte und *Heymann* welcher im Vorjahr den Salzgehalt des Regenwasser bestimmt hat und dabei gefunden daß darin regelmaßig etwas Chlor enthalten ist und zwar desto mehr je naher dem Meere der Regenmesser steht Bei Seewind wurde mehr bei Landwind weniger Chlor gefunden wahrend auch die Starke des Windes von Einfluß war Bei sudwestlichem Wind fand *Heymann* zum Bei spiel in Regenwasser auf 440 m vom Meere 47 mg Chlor im Liter auf 6 km von der Kuste 16 mg im Liter Ein anderes Mal bei Sudwestwind 33 5 mg und 13 mg im Liter bei Sudwind nur 5 mg an der Station 440 m vom Meere 1 mg auf 6 km vom Meere Mit einem geringen Cl Gehalt ist also vielleicht zu rechnen aber ein wichtiger physiologischer oder therapeu tischer Einfluß ist davon wohl nicht zu erwarten

Der zweite chemische Bestandteil welcher in Frage kommt ist das Jod Aeltere Untersuchungen uber den Jodgehalt der Luft liegen vor von *Chatin* von *Gautier* und von *Duphil* beide im Anfang dieses Jahrhunderts

Gautier hat kein Jod in freier Form oder in gasformigen Verbindungen in der Luft gefunden, ebensowenig Jod in loslichen Salzen. In unloslicher Form hat er Spuren von Jod gefunden und zwar war am Meere in 300 Liter Luft, in Paris in 3000 Liter Luft Jod nachzuweisen. Die Jodmenge der Seeluft ware das 12fache von derselben in Paris. Das Jod wird in organischer Form vorhanden, wie es sich findet in den Seepflanzen, welche bekanntlich jodreich sind.

A. Duphil hat in der Luft in Arcachon am Strand wasserlosliches und unlosliches Jod gefunden und zwar bei Seewind mehr als bei Landwind.

In M³ Luft	Seewind	Landwind
losliches Jod	125 γ	35 γ
organisches Jod	62 γ	30 γ
gasformiges Jod	0	0

$1\ \gamma = \frac{1}{1000}$ m. G.

In allerletzter Zeit sind von *Heymann* in Holland auf 6 km vom Meere quantitative Untersuchungen gemacht worden. Er fand daselbst ganz geringe Jodmengen, welche fast immer unter 1 γ im m³ blieben.

Hohere Zahlen wurden von ihm gefunden bei Analyse des Regenwassers. Da wurde bei Seewind mehr Jod gefunden als bei Landwind. Auch bestand ein Unterschied, je nachdem ob das Wasser in 440 m oder in 6 km Entfernung vom Meere gesammelt wurde. Es sind da zum Beispiel bei starkem Sudwestwind 16—11 γ im Liter, bei Ostwind 1.9—1.1 γ Jod im Liter Regenwasser gefunden worden.

Diese großen Unterschiede zwischen den Zahlen der fruheren und der jetzigen Untersucher sind nicht so leicht zu erklaren. Uebrigens hat *Duphil* auch viel hohere Zahlen gefunden fur den Jodgehalt des Seewassers als *Heymann*: dieser fand ± 15 γ im Liter, wahrend *Duphil* 25 mg, also 25 000 γ fand. Die Zahlen *Heymann*s stimmen in diesem Fall mit denjenigen *v. Fellenberg*s uberein. Nach *v. Fellenberg* soll das Wasser der See aber auch die Erde und das suße Wasser Jodium ausatmen. Die Jodfrage ist in letzter Zeit durch die Kropfuntersuchungen mehr in den Vordergrund getreten. Man hat auch in den Niederlanden behauptet, daß der Kropf durch Jodarmut des Trinkwassers entstehen sollte und hat da die Hypothese aufgestellt, daß die Nahe des Meeres vor Kropf schutzen sollte. Bevor man jedoch zu solchen Schlussen gelangt, muß noch naher festgestellt werden, ob uberhaupt die Jodtheorie fur niederlandische Verhaltnisse stimmt.

Vorlaufig ist die Moglichkeit, daß der Jodgehalt der Luft ein wichtiger Faktor des Seeklimas ware, hochstens eine Arbeitshypothese.

Der dritte Bestandteil der Seeluft, welcher in Betracht kommen konnte, ist das Ozon. Es ist vielleicht richtig, daß die Luft am Meere mehr Ozon enthalt als die Luft im Inland. Als Oxydationsmittel kann es zur Reinigung der Luft beitragen. Vielleicht ware es als eine Indikation fur die Reinheit der Luft anzusehen. Großere physiologische Bedeutung hat es wohl nicht. Ueber die Reinheit der Luft ist schon gesprochen worden. Allerdings ist zeitweise die Luft in Holland sehr reich an Pollenkornern. Vielleicht kommen da im Sinne *Storm van Leeuwen*s noch andere Stoffe in Betracht. Der gunstige Einfluß, welchen die Seeluft auf Asthma und verwandte Zustande hat, ist schon langst bekannt. Aber warum Krankheiten wie Tuberkulose

und Rachitis bei Uebersiedelung von der holländischen Ebene an die Küste so günstig verlaufen, das ist vorläufig auch aus Unterschieden in der Reinheit der Luft noch nicht zu erklären.

Wenn es also schwer fällt, aus den bis jetzt besprochenen Momenten die Eigenart des Seeklimas als Heilmittel zu erklären, dann muß man noch in anderer Richtung suchen nach möglichen Unterschieden zwischen dem Küsten- und dem Inlandklima Hollands. Ist es vielleicht möglich, daß physikalische Eigentümlichkeiten bestehen gerade in diesem merkwürdigen Gebiet, welches die Grenze zwischen Wasser und Land bildet? Es ist wohl von Wert nachzuspüren, ob schon in der geringen Entfernung zwischen Küste und Mittel des Landes meteorologische Unterschiede zu finden sind. Der Umstand, daß das Königl. Meteorologische Institut in *De Bilt* ungefähr in der Mitte des Landes liegt und daß an der Küste auch an verschiedenen Stellen viel Material gesammelt wird, hat es ermöglicht, dieser Frage näher zu treten.

Schließlich hat es uns besonders interessiert, ob vielleicht das Lichtklima der Seeküste ein Hauptfaktor der therapeutischen Wirksamkeit wäre. Das großartige Programm *Dornos*, welches eine umfassende Untersuchung der Lichtverhältnisse aller wichtigen Klimate der Erde beabsichtigt, ließ selbstverständlich bei uns die Frage aufkommen, ob zwischen dem Lichtklima an der Küste und im Inland Unterschiede zu finden wären.

Es ist eine weitverbreitete Meinung, daß das Lichtklima an der Meeresküste anders ist als im Binnenland, d. h. nicht nur anders als im Hochgebirge, sondern auch verschieden von demselben in der Niederung. Diese Meinung wäre zu stützen

1. auf die subjektive optische Empfindung. Der Lichteindruck auf das Auge ist am Meere viel stärker als im Inland;
2. auf die an der See schneller und stärker auftretende Pigmentierung der Haut;
3. auf die empirisch festgestellte Tatsache, daß das Licht am Strande viel stärker auf die photographische Platte einwirkt als im Binnenlande.

Ich habe aus den bekannten Schemen, mit welchen die Photographen ihre relativen Belichtungszeiten berechnen, eine Tabelle zusammengesetzt, welche die auffallenden Unterschiede, die in dieser Beziehung bestehen, in übersichtlicher Weise wiedergibt.

Die relative Belichtungszeit für jede Tagesstunde ist für die verschiedenen Monate des Jahres angegeben für vier hier hauptsächlich in Betracht kommende Orte. Die erste (Luft — Meer) entspricht den Lichtverhältnissen am Strande, die zweite denjenigen des Hochgebirges (Gletscher), die dritte gibt etwa die Eigenschaft der meisten Kurorte und Binnenlandsanatorien, die vierte ist für die Beurteilung der Lichtstärke in einem guten Krankenhaus zu verwenden.

Man kann dieser Tabelle entnehmen, daß z. B. das Licht am Strande von gleicher Stärke ist wie auf einem Gletscher, sogar noch etwas stärker. Im Sommer wäre es an der See 6mal so stark wie in einer offenen Land

schaft im Binnenlande. Ohne für diese Zahlen streng wissenschaftlichen Wert zu beanspruchen, möchte ich doch annehmen, daß sie einen gewissen Anhaltspunkt geben.

Tabelle I

Stunde	Luft — Meer								Schnee — Eis — Gletscher							
	9	10	11	12	1	2	3	4	9	10	11	12	1	2	3	4
Dez		7	6	5	6	7				8	9	9	9	8		
Jan	8	6	5	4	5	6	8		9	8	6	6	6	8	9	
Febr	6	4	4	3	4	4	6	8	8	6	5	4	5	6	8	9
März	4	4	3	2	3	4	4	5	6	5	4	4	4	5	6	7
April	3	2	1	1	1	2	3	4	4	4	3	3	3	4	4	5
Mai	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	3	4
Juni	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4

Stunde	Offene Landschaft								Glashalle — Stark erleuchtetes Zimmer							
	9	10	11	12	1	2	3	4	9	10	11	12	1	2	3	4
Dez		12	12	11	12	12				24	24	23	24	24		
Nov	13	12	11	10	12	12	13		25	24	23	22	23	24	25	
Okt	12	10	10	9	10	10	12	13	24	23	22	21	22	22	24	25
Sept	10	10	9	8	9	10	10	11	22	22	21	21	21	22	22	23
Aug	9	8	7	7	7	8	9	10	21	21	20	20	20	21	21	22
Juli	7	6	6	6	6	6	7	9	20	20	20	20	20	20	20	21
Juni	7	6	6	6	6	6	7	9	20	20	20	20	20	20	20	21

Die klimatischen Unterschiede können, wo das Land flach und die Entfernung gering ist, nicht groß sein. Insofern sie jedoch mit dem Lichtklima in Berührung stehen, sind sie nicht ohne Bedeutung. Die zur Verfügung stehenden Daten betreffen Temperatur, Niederschlag, Bewölkung und Sonnenschein.

Sie sind den Arbeiten des Königlichen Meteorologischen Instituts entnommen. Dazu kommen aber noch die meteorologischen Wahrnehmungen, welche seit 1909 in *Scheveningen* in den höhern Luftschichten bis 3000 m Höhe und seit 1911 in *Soesterberg* bis auf 5000 m gemacht sind.

Schließlich liegen die Resultate der Untersuchungen über die Sonnenstrahlung in Scheveningen 1922—1924 vor.

Temperatur. Die Temperaturunterschiede nehmen von West nach Ost zu. Je östlicher, desto strenger das Temperaturklima. Jedoch ist der mäßigende Einfluß der Küste nicht so groß, wie erwartet werden sollte. Noch im Mai und sogar im Juni kommen Frosttemperaturen an der Küste vor, während die Sommermaxima nicht unter denen im Osten bleiben. Augenfällige Vorteile in bezug auf die Temperatur hat die Küste gegenüber dem Inland des Reiches nicht.

Relative Feuchtigkeit. In den fünf Monaten April—August kommen etwas erheblichere Unterschiede vor. Der höchste Unterschied zwischen *Helder* (Küste) und *Winterswyk* (Ostgrenze) kann bis 12% betragen.

Der absolute Wasserdampfgehalt hat größere Bedeutung, weil er eine hervorragende Rolle spielt bei der Transmission der strahlenden Energie.

der Sonne. Dafür soll aber auch der Wassergehalt der höheren Luftschicht bekannt sein. Die Zahlen von *Scheveningen* und *Soesterberg* geben einen günstigeren Zustand für die Küste, ausgenommen in den Wintermonaten. Der größte Unterschied im Juli beträgt 10%.

Der Niederschlag. Während des ganzen Jahres ist der Niederschlag an der südlichen Hälfte der Küste geringer als an der nördlichen und auch geringer als in der Mitte und im Osten des Landes. Die Seestation *Katwyk*, welche in der Nähe des großen *Haarlemmermeer polders* liegt, macht eine Ausnahme. *Katwyk* hat 100 mm mehr Niederschlag als *Scheveningen*, obwohl die Entfernung nur 16 km beträgt.

Bewölkung. Die mittlere Bewölkung ist ziemlich gleich. Die Zahl der hellen Tage ist jedoch an der Küste nicht unwesentlich größer und die Zahl der trüben Tage nicht unwesentlich geringer als im Inland.

(Küstenstationen 40, 47, 33, Mitte des Landes 29, Ostgrenze 44 helle Tage, trübe Tage Küste 123, 110, 105, Inland 124—135.)

Sonnenscheindauer. Hier besteht ein kleiner Nachteil für die Küste, was nicht mit den übrigen Ergebnissen übereinstimmt. Nach *Dorno* sind jedoch die Sonnenscheinautographen wenig zuverlässig. Wahrscheinlich sind also die betreffenden Zahlen nicht ganz genau.

Zum Schluß kommen wir zu den Untersuchungen über die relative Intensität der Sonnenstrahlung, welche nach der Methode von *Moll* seit 1921 in *Scheveningen* gemacht worden sind.

Als ich damals mit dem Gedanken umging, ob vielleicht das Licht an der Küste anders wäre als im Inland, wollte ein glücklicher Zufall, daß mein Freund Dr. *W. J. H. Moll*, Lektor der Physik in Utrecht, sich dem Problem der Strahlenmessung mit besonderer Vorliebe gewidmet und für dergleichen Untersuchungen ein eigenes außerordentlich geeignetes Instrumentarium erfunden hatte. Er hat mit demselben auch schon die Sonnenstrahlung untersucht, zwar unter besonderen Umständen, nämlich bei Sonnenfinsternissen hatte er die Corona damit untersucht.

Ich hatte damals den Niederl. Verein für Thalassotherapie bereit gefunden, diese Untersuchungen veranstalten zu lassen und dafür die nötigen Gelder zusammenzubringen. Es wurde von der Regierung eine Subvention bewilligt und verschiedene wissenschaftliche Vereine haben mitgeholfen.

Ich hatte die Frage so gestellt: Welche Eigenschaften sind dem Lichte an der Küste zu eigen und welche Unterschiede bestehen zwischen dem Lichte daselbst und in dem Binnenlande? Dafür mußten zwei vollständige Wahrnehmungsstationen eingerichtet werden, eine in Scheveningen, die andere in Utrecht. Leider war es nach kurzer Zeit *Moll* nicht mehr möglich, die Untersuchungen selbst zu führen. Er wurde längere Zeit krank. Die Binnenlandstation wurde dann nach dem königlichen meteorologischen Institut in de Bilt, unweit Utrecht, verlegt.

Die Methode *Molls* ist kurz gesagt folgende:

In einem Messingrohr, welches einem kleinen astronomischen Fernrohr ähnlich sieht, ist eine geschwärzte Thermosäule von besonderer Beschaffenheit aufgestellt. Diese ist verbunden mit einem Galvanometer, welches sehr empfindlich ist und außerdem eine fast ideelle Dämpfung besitzt, so daß es schon in 2 Sekunden die Ruhestellung einnimmt. Mittels eines Spiegels, welcher am Galvanometer befestigt ist, wird ein Lichtstrahl auf einen sich drehenden Zylinder geworfen, der mit lichtempfindlichem Papier überzogen ist. In dem Rohre ist eine Vorrichtung angebracht, durch welche sechs verschiedene Lichtfilter vorgeschaltet werden können. Die Filter sind auf einer drehbaren Scheibe montiert. Vorn befindet sich eine Klappe, welche mit der Scheibe um dieselbe Achse drehbar ist. Wenn das Rohr auf den zu untersuchenden leuchtenden Gegenstand, z. B. die Sonne, gerichtet ist, kann man mit der Klappe abwechselnd Licht zulassen oder abschließen und gleichzeitig nach Bedarf die Filter vorschieben. Es wird

jedesmal 10 Sekunden exponiert und dann die Klappe wieder geschlossen In dieser Weise werden die Ausschlage des Galvanometers bei jeder Exposition wahrend 8 Sekunden auf dem lichtempfindlichen Papier auf geschrieben Die 6 Filter werden also in einer Minute hintereinander in Anspruch genommen Dieselben lassen folgende Strahlungen durch

Tabelle II

Filter	Wellenlänge der durchgelassenen Strahlen	Spektralgebiet
I	2 34—1 35 micron	ultrarot I (außeres)
II	1 35—0 84	ultrarot II (inneres)
III	0 84—0 70 „	dunkelrot
IV	0 70—0 59 „	rot orange
V	0 59—0 41	gelb grun blau violett
VI	0 41—0 25	dunkelviolett u ultrav

Weiter kann auch ohne Filter registriert werden Auf diese Weise ist jetzt seit September 1921 in Scheveningen gearbeitet worden In Utrecht und de Bilt sind bis jetzt nur zeitweise und mit Unterbrechungen Wahrnehmungen gemacht worden wegen der Krankheit des Urhebers der Methode

Es ware verfruht jetzt schon die Resultate dieser Untersuchungen festlegen zu wollen Es wird noch viel statistisches Material gesammelt werden mussen bevor die Normalwerte einwandfrei feststehen Jetzt ist jedoch schon folgendes mit genugender Sicherheit zu sagen

1 Die Zusammensetzung des Sonnenlichtes in Scheveningen ist nicht gleichmaßig

2 Die Strahlungen kurzer Wellenlange nehmen mit der Hohe des Sonnenstandes zu

3 Daneben bestehen unregelmaßige Unterschiede welche nicht vom Sonnenstand abhangig sind

4 Die Unterschiede nehmen mit abnehmender Wellenlange zu sind also im ultra violett am großten

Es sind zu gleicher Zeit mit den Lichtwarnehmungen Fernsicht schatzungen gemacht worden so daß die Durchsichtigkeit der Atmosphare immer mitberucksichtigt worden ist

Von den anderen schon studierten Fragen nenne ich noch den Einfluß leichter Cirrhusbewolkung Eine andere schon festgestellte Tatsache ist daß die Intensitat der Sonnenstrahlung im Winter bedeutend großer ist als im Sommer bei gleicher Sonnenhohe (20°)

Tabelle III

Verhaltnis der Intensitaten in sechs Spektralgebieten in den 4 Jahreszeiten (Int im Sommer = 1 00 bei Sonnenstand 20°)

	I	II	III	IV	V	VI
Winter	**1 21**	**1,35**	**1,42**	**1,06**	**1 80**	**1 62**
Lenz	1 10	1 10	1 21	1 01	1 51	1 52
Sommer	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
Herbst	1 16	1 26	1 21	1 41	1 29	1 12

Tabelle IV

Mittlere relative Intensität der Sonnenstrahlung in Scheveningen bei 20° Sonnenhöhe in Prozenten des Jahresmittels

	I	II	III	IV	V	VI
	Ultra Rot I	Ultra Rot II	Rot	Rot Orange	Gelb Grün Blau	Blau Ultra Violett
Januar	100	138	140	105	103	92
Februar	110	135	135	102	168	145
März	100	103	98	73	108	101
April	109	109	123	113	156	194
Mai	89	84	82	82	100	76
Juni	91	82	66	76	69	88
Juli	61	59	57	57	33	68
August	91	85	82	93	100	65
September	98	91	98	115	106	114
Oktober	101	97	107	152	126	118
November	125	129	118	154	146	84
Dezember	111	97	92	(66)	92	52
Jahr	100	100	100	100	100	100

Die Tabellen III und IV geben die relative Intensität der Strahlung wieder. Die erstere ist berechnet aus den Ergebnissen bis 1923, die zweite enthält noch die Wahrnehmungen über 1924.

Die eine ist berechnet mit der Intensität im Sommer = 100, die andere mit dem Jahresmittel = 100.

Es ist auch wichtig, zu vergleichen zwischen den verschiedenen Stationen, wo Sonnenscheinuntersuchungen gemacht worden sind.

Tabelle V

Relative Intensität der blau ultravioletten Strahlung in Prozenten des Jahresmittels bis 20° Sonnenhöhe an 5 verschiedenen Orten

	Davos	Taunus	Agra (Tessin)	Kolberg	Scheveningen
Januar	155	135	121	94	92
Februar	103	108	107	94	145
März	84	77	77	98	101
April	69	84	117	106	194
Mai	46	79	74	100	76
Juni	42	94	72	87	88
Juli	57	71	58	75	68
August	84	87	84	81	65
September	107	92	115	104	114
Oktober	125	104	99	96	118
November	155	125	140	94	84
Dezember	175	135	132	94	52
Jahr	100	100	100	100	100

Dazu werden in Tabelle V die Zahlen aus der Publikation Dr. W. *Hartmann's*[1]) für 4 Stationen gesammelt, verglichen mit den Er-

1) Meteor. Zeitschrift 1925, S. 244.

gebnissen der Untersuchungen in *Scheveningen*. Es ist dabei zu bemerken, daß die Messungen mit verschiedenen Methoden gemacht worden sind, die absoluten Intensitäten also nicht vergleichbar sind.

Davos hat das Maximum im Dezember und das Minimum im Juni. Im Frühjahr nimmt die Strahlung sehr stark ab und ist während den Monaten Mai—Juli etwa die Hälfte des Jahresmittels und etwas weniger als ein Drittel der Winterintensität.

Der *Taunus* hat auch ein Wintermaximum, welchem schon im März ein Minimum folgt. Ein sekundäres Maximum findet sich im Juni, ein sekundäres Minimum im Juli.

Der Verlauf in *Agra* hat viel Aehnlichkeit mit demselben im *Taunus*, aber die Gipfel liegen anders, und es ist ein zweites Maximum im Herbst, welches auch in *Kolberg* vorkommt.

Uebrigens ist in *Kolberg* die Kurve auffallend flach.

Scheveningen zeigt ein sehr hohes Maximum im April, sekundäre Gipfel im Februar und im Oktober. Vielleicht ist die Senkung im März nicht richtig und soll die Kurve Februar—April mehr gerade laufen. Die Wahrnehmungen im März sind nämlich nicht zahlreich genug gewesen. Jedenfalls ist eine große Intensität im Frühjahr vorhanden, gerade während der großen Senkung in *Davos*. Das Hauptminimum fällt in den August. Das zweite Minimum im Dezember ist unsicher, denn es ist aus einer ungenügenden Zahl Wahrnehmungen abgeleitet.

Die Untersuchungen mit dem *Moll*schen Apparat werden jetzt auch regelmäßig im Meteorologischen Institut *De Bilt* gemacht. Was da für Unterschiede zwischen Küste und Inland herauskommen werden, läßt sich augenblicklich noch nicht sagen.

Es sind noch viele Fragen zu beantworten. Die Hauptfrage ist wohl, wie sich die absoluten Intensitäten verhalten unter verschiedenen Bedingungen. Darüber liegen jetzt noch keine Ergebnisse vor. Wir hoffen jedoch, auch dieses schwierige Problem mit der Zeit zu lösen, aber wir haben erst die ersten Schritte des langen Weges gemacht.

Hoffentlich werden die Physiker und Meteorologen, welche auch für die Medizin zu arbeiten bereit sind, für uns Aerzte die Grundlagen legen, auf welchen wir das Gebäude einer wissenschaftlichen medizinischen Klimatik aufbauen können.

Alle Wahrnehmungen in Scheveningen sind von Herrn Meteorologen *Ch. A. C. Nell* gemacht und von ihm statistisch ausgearbeitet worden.

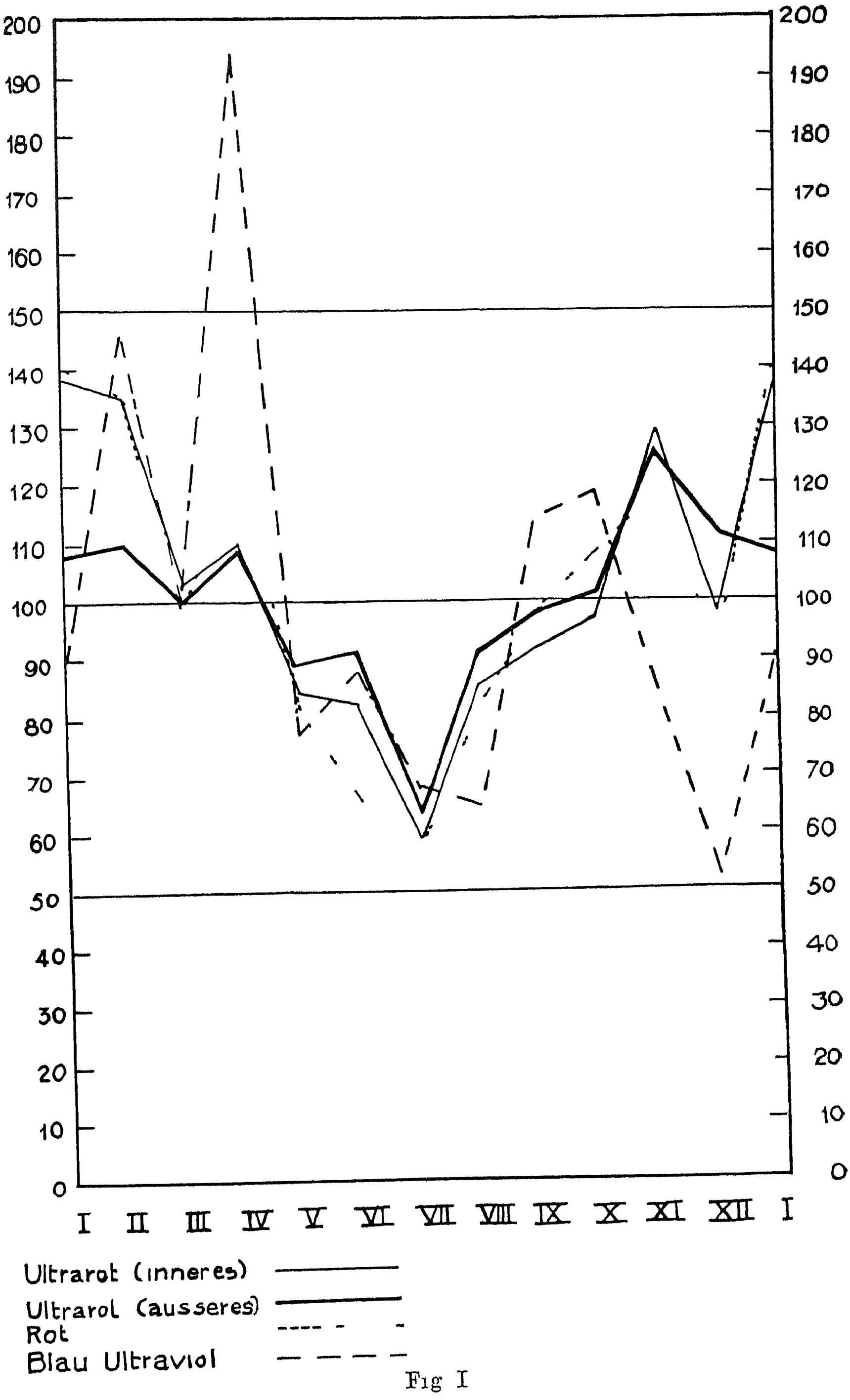


Fig I

Mittlere monatliche Relativwerte in Prozenten des Jahresmittels der Ultra violett Strahlung in Davos Agra (Tessin) und Kolberg sowie der Blau Ultraviol auf dem Taunusobservatorium und in Scheveningen bei 20° Sonnenhohe (Taunus 17°) nach Dr W Hartmann in Met Z 1925 S 244 (fur Scheveningen nach Wahrnehmung von Chr A C Nell)

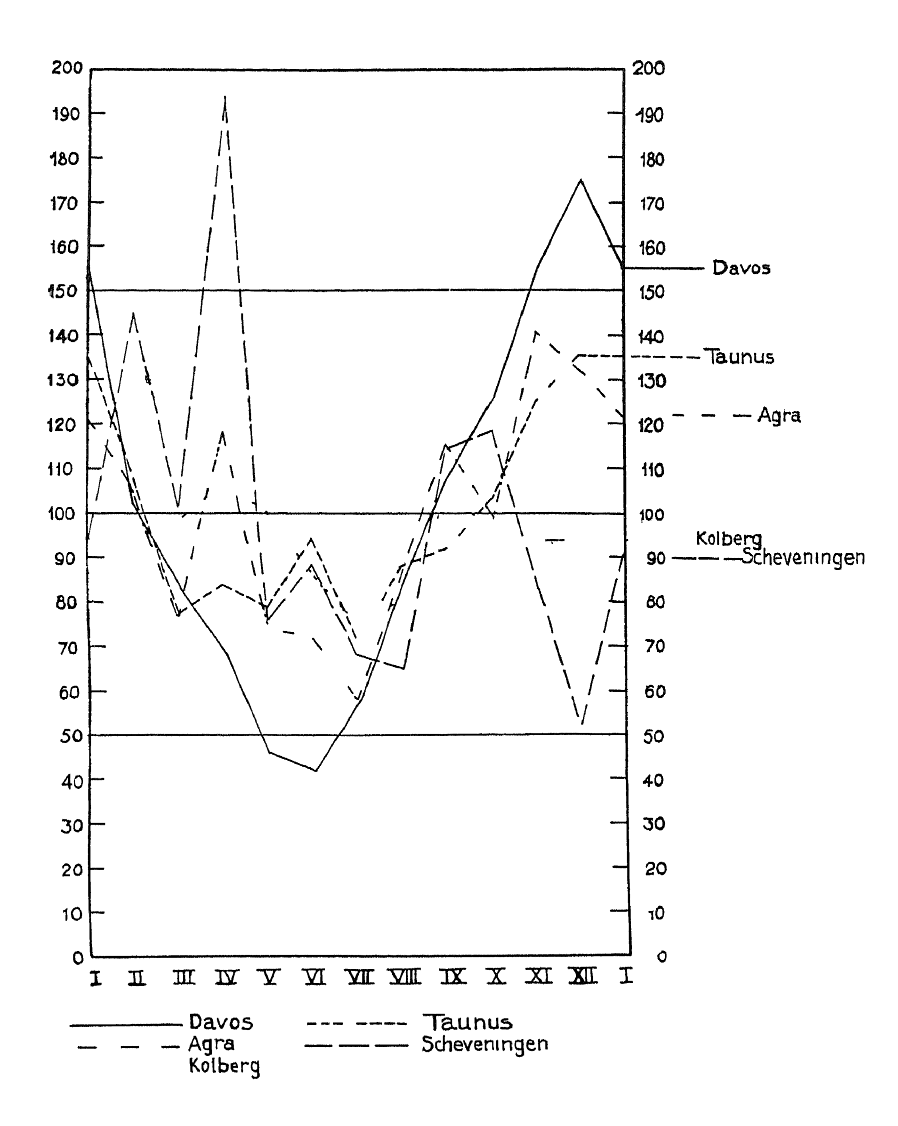


Fig II

Mittlere monatliche Relativwerte der ultraroten (inn und auß) roten und ultraviol Sonnenstrahlung in Scheveningen bei 20° Sonnenhohe nach Mes sungen von September 1921 bis Dezember 1924

Klimatologie und Klimato-Physiologie des Mittelgebirges

Von Dr. *M. van Oordt*, Bühlerhöhe

Klimatographien auf der Grundlage der klimatischen Sonderstellungen, Höhenklima, Niederungsklima, Seeklima, Kontinentalklima u. a. leiden häufig unter dem Fehler, daß sie nämlich mehr oder weniger allgemein biologisch oder sogar nur anthropobiologisch gedacht aber meteorologisch beschrieben werden. Das trifft auch noch zu, wenn wir sie in Unterabteilungen auflösen, wobei die Luftbewegung, Temperatureigenheiten und die Luftfeuchtigkeit bestimmend werden. In ganz besonderm Maß hat diese Meinung für das Mittelgebirgsklima Geltung. Die Grenzen werden willkürlich gesteckt nach — ich möchte sagen — mitteleuropäischen orographischen und anthropobiologischen Gesichtspunkten. Die geographische Breitenlage, die Ozeanität oder Kontinentalität müssen zwar von vornherein sein Bild beeinflussen, aber wo liegen die Höhengrenzen? Eigentlich kennen wir nur *ein* sich einigermaßen deutlich abhebendes Höhenklima, das Hochgebirgsklima der Alpen, der Pyrenäen usw., alles andere in seiner unendlichen Vielgestaltigkeit ist Mittelgebirge oder Hügelland der Niederung, tiefere, mittlere und höhere Ebenen und Plateausenkungen, Horste, breitere hochgelegene Täler und die Grund- oder Mittelstöcke der Alpengebirge selbst. Die gemeinschaftlichen Charakteristika dieser Gruppe sind die jeweils berechenbare mittlere Erniedrigung des barometrischen Druckes und die mittlere Erhöhung der Strahlungsintensität, während alle andern klimatischen Schattierungen, die dem Bild des Mittelgebirges seine Eigenfarbe geben, recht lebhafte Unterschiede zeigen können. So scheint es mir kaum möglich, ein befriedigendes Bild des Mittelgebirgsklimas zu zeichnen, wenn man nicht sehr enge Grenzen stecken darf, geographisch zusammenfassend die nördlich der Alpen in Zentraleuropa gelegenen Gebirge und zentralen Massive mittlerer Höhe, also unter Ausschaltung der größern Hochebenen, des tiefer gelegenen Alpenvorlandes und der mittleren Höhenlagen alpiner Gebirge selbst, soweit sie in Mittelgebirgshöhe liegen. Man kommt dann zum vertikalen Ausschnitt von 400—1200 m ü. M., wobei die prägnantesten klima-

tischen Erscheinungen sich in der mittleren Höhe von 600—900 m abspielen. Tiefere Lagen neigen manchmal mehr zur Ebene, höhere erhalten oft direkt schon Hochgebirgscharakter, alle in bunter Abhängigkeit von der Exposition zu den Luftströmungen, von der orographischen Umgebung innerhalb der eigenen Formation, von benachbarten Hochgebirgen aber auch hinsichtlich des ganzen Aufbaues des Gebirgsstockes, der Gesteinsarten und der Vegetationsdecke. Mit dieser Erkenntnis begeben wir uns der Auffassung, daß im Klima des Mittelgebirges die meteorologischen Faktoren der Höhe einerseits der Ozeanität oder Kontinentalität andererseits verhältnismäßig rein zur Geltung kommen. Das Luftmeer über dem Mittelgebirge wird in Zentraleuropa eben schon stark beeinflußt durch den Kontakt mit der tief gefurchten, gerade die untersten Wolkenschichten durchdringenden Erdkruste und das häufige Hineinragen in Inversionsschichten der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. *Schultheiß* weist einmal darauf hin, wie in einem Mittelgebirge, dem Schwarzwald, so starke Gegensätze in derselben Höhe fast unmittelbar nebeneinander lagern können, daß nahezu seeklimaartig anmutende Hangklimate gegen Südwesten und fast sibirische Jahrestemperaturextreme von über 60° C aufweisende Klimabezirke in leeseitigen Hochplateaus und Mulden sich berühren. Die meteorologisch so stark modifizierende Zerrissenheit eines Gebirgslandes wird nun in etwas ausgeglichen durch eine alles umfassende Vegetationsdecke, welche die Einstrahlungs- und Ausstrahlungsbedingungen des Bodens einem mittleren Niveau nähert. Ich möchte deshalb die Eigenart eines Mittelgebirges, eine starke Vegetationsdecke zu tragen, als sehr bestimmend erachten für ein Klima, das anthropobiologischen oder auch therapeutischen Zielen zu dienen berufen ist und infolgedessen der Klimaschilderung *das vegetationsreiche Mittelgebirge*, wie wir es etwa im Harz oder im Schwarzwald vor uns haben, zu Grunde legen.

Die *Vegetation*, vorwiegend starker und gleichmäßiger Nadelholzbestand, der in diesen Gebirgen ausgedehnte Gebiete bedeckt, wirkt auf den örtlichen täglichen Temperaturgang ebnend ein, trägt auch zum Ausgleich von Tal- und Bergwinden bei, mildert die wegen des verschieden intensiven Ablaufs der Einstrahlung und Ausstrahlung thermisch bedingten lokalen Luftströmungen durch vorübergehende Wärmeaufspeicherung, durch Barrièrenbildung oder auch Mischung von differenttemperierten und durchfeuchteten Luftmassen gegen talabwärts gleitende Bodennebel und dergleichen. Ein starker Windfall zum Beispiel, der durch eine Zyklonenstraße in einem dichten 20—25 m hohen Hochwaldbestande entstanden ist, kann die örtlichen klimatischen Verhältnisse hinsichtlich Windbewegung, Nebelbildung, Wolkenzug, Schneetreiben und Schneedecke beträchtlich beeinflussen.

Das klimatische Bild eines unserer eigenartigsten und vielseitigsten Mittelgebirge, des Schwarzwaldes, ist beherrscht von der Nähe der Alpen, dem Gebiet lang dauernder besonders herbstlicher und

winterlicher Hochdruckperioden. Er verdankt ihnen die relative Größe der Sonnenscheindauer und die hohe Zahl von Inversionsperioden der Temperatur, ebenfalls in der kältern Jahreszeit. Während der Einfluß des Ozeans sich in der langen luvwärts gelegenen Westflanke des Schwarzwaldes nicht stärker bemerkbar macht als in den andern Mittelgebirgen Zentral- und Westeuropas, verursacht das 800—1000 m tiefer liegende 30—50 km breite Rheintal eine bedeutende Verstärkung dieser Ozeanität durch die Konvektion und den Auftrieb warmfeuchter Luftmassen, die in der allgemeinen westlichen Windrichtung gelegen, der Luvseite dieses Gebirges höhere Wärmegrade und auch beträchtlichere Feuchtigkeit zuführen, als sonst seiner bereits stark kontinentalen Lage und der nur mittlern Höhe entsprechen würde. Es kommt dies u. a. in der geringen Größe der Temperaturgradienten zum Ausdruck, aus welchen *W. Peppler* die Abweichungen der Temperaturen des Schwarzwaldes von den berechneten idealen Temperaturen der freien Atmosphäre abgeleitet hat. Im ganzen Jahre und in den einzelnen Jahreszeiten sind diese Abweichungen im Schwarzwald positiv mit Ausnahme der leewärts gelegenen Mulden, Hochtäler und Plateaus. Nur die Morgentemperaturen des Herbstes, Winters und Frühlings führen da, wo nächtliche Ausstrahlung zur Ausbildung kalter Luftschichten in Bodennähe führt, zu geringfügigen negativen Abweichungen. Die ganze Luvseite des Schwarzwaldes und noch die zentralen hohen und die Hanglagen nehmen an dieser beträchtlichen klimatischen Vergünstigung teil.

Ebenso zeigen die *täglichen Temperaturschwankungen* auf der Luvseite des Gebirges recht geringe Grade: 3,2 bis 4°, während die zentralen Hochtäler und leeseitig gelegenen Plateaumulden in den täglichen Temperaturänderungen sogar die Ebene noch übertreffen. Auch in den südwestlich gelegenen Teilen des Nachbargebirges, der Rauhen Alb finden sich noch Andeutungen dieser Temperaturvergünstigung, indem dieses 800—900 m hoch und frei gelegene Plateau mit enormer Ausstrahlung immer noch das normale jährliche Temperaturmittel hat, das der Höhe entspricht und eine Wärmeschwankung, die im Jahresmittel nicht die Größe wie im Rheintal erreicht.

Die größere Neigung zum Wärmeausgleich im Mittelgebirge zeigt sich auch in der *Jahresschwankung* der Temperatur. Während die Rheinebene über 18°, die östlichen Plateaumulden sogar 19° C in der mittleren Jahresschwankung aufweisen, liegen die Jahresschwankungen der Luvseite und der Höhen der Gebirge bei 16—17° C und selbst auf der Rauhen Alb sind die mittleren Extreme nur 17,5° C voneinander entfernt.

Der *jahreszeitliche Wärmegang* zeigt für das Mittelgebirge eine klimatisch günstige Temperaturverschiebung gegen den Herbst hin. Besonders die höhern Lagen haben von dieser Temperaturerhöhung Vorteil. Die positive Differenz im Herbst beträgt in der Höhenlage von 800—1000 m fast 1,5° C. Der Oktober ist um 2° war

mer als der April, selbst in der Rauhen Alb noch 1°, d. h. ebenso wie an den tiefern Schwarzwaldabhängen. In der Rheinebene hingegen sind Frühjahr und Herbst gleich warm. Auch in dieser Hinsicht nähert sich das Temperaturklima des Mittelgebirges also demjenigen der See und auch des Bodensees, dessen Herbsttemperaturen etwa 1° über den Frühjahrstemperaturen liegen.

Die mittleren *interdiurnen Aenderungen* der Tagestemperaturen liegen fast im ganzen Gebirge unter 2 ° C., in der Rheinebene schon bis 2,8 °. Empfindlichere Temperatursprünge von 6 ° C und darüber sind im Mittelgebirge noch maßvoll und insbesondere zeichnen sich Sommer und Herbst der Mittelgebirge durch die Seltenheit größerer negativer Temperaturschwankungen aus.

Die *Hitzetage* zeigen im ganzen Mittelgebirge einen erheblichen Rückgang, in den kontinentaler gelegenen Gebirgen wie Rauhe Alb, Riesengebirge ist ihre Zahl etwas größer als in den westlicher gelegenen Gebirgen.

Nimmt man für das deutsche Tiefland eine mittlere Zahl von 40 Hitzetagen im Jahre und läßt 15 Hitzetage im Jahre als erträglich gelten, so liegt diese Zahl in den verschiedenen Mittelgebirgen wie folgt:

Im Riesengebirge	bei 600	m Höhe
Im Harz	470	
In der Rhön	525	
Im Thüringerwald	560	
In den Vogesen	980	„
Auf der Schwab. Alb	820	„
Im Schwarzwald	750	

Tropentage kommen im Mittelgebirge in der Höhenlage von 600 m an nur noch selten vor und nehmen mit zunehmender Höhe dann überaus rasch ab.

Die Anzahl der *Frosttage* in den deutschen Mittelgebirgen, noch mehr der *Eistage* ist auch in denselben Höhen recht verschieden. Unter Voraussetzung der gleichen Höhenlage haben Harz, Vogesen und Schwarzwald die geringste Anzahl von Frosttagen, an der Spitze steht das Riesengebirge, an der Schwelle die Luvseite des Schwarzwaldes. Je kontinentaler das Gebirge, desto mehr Frosttage treten auf. Hier steht schon die Rauhe Alb ungefähr dem Riesengebirge und Thüringerwalde gleich, aber die tiefern Temperaturen und die größere Anzahl der Eistage hat doch der Norden voraus. Während die Höhenlage von etwa 900 m in dem ebengenannten Gebirge zwischen 70 und 100 Eistagen hat, kommt der Schwarzwald im Mittel nicht mehr über 40, die Rauhe Alb nur auf 51 Eistage. Besonderheiten der Lage, d. h. *nicht* die Höhe, sondern die *Plateaumulde* bedingen nun auch im Schwarzwald rauhe Gegenden wie die Baar, auf der in keinem Monatsmittel maximale Temperaturschwankungen von 20 ° C fehlen, wo diese im Herbst und Frühjahr sogar 25 ° erreichen, Jahresspannungen von 60 ° C vorkommen und die extreme Spannung seit 1869 sogar 65 ° C beträgt. Es ergibt sich also im Mittelgebirge ein großer Unterschied der Temperatur zwischen Luv und Lee,

zwischen südexponierten oder luvseitig gelegenen Hängen gegenüber den Tälern des Zentrums. Im gleichen Gebirge sind da kontinentale und maritime örtliche Klimate oft in gleicher Höhenlage allerengst nebeneinander gelagert und deshalb hat die Bestimmung der Abkühlungsgröße, die wir gerne für die medizinische Klimographie als Maßstab des Reizes einbürgern möchten, eine große, allerdings wesentlich lokalklimatische Bedeutung auch im Mittelgebirge. Feststellungen darüber sind in St. Blasien durch *F. Baur* und, wie ich hörte, durch *Gautier* in Herrenalb gemacht.

Masse und *Verteilung der Niederschläge* folgen selbstverständlich auch in den Mittelgebirgen dem allgemein gültigen Grundgesetz, daß mit zunehmender Höhe die Niederschlagsmenge zunimmt, aber neben der Bezugnahme auf die Isohypsen kommt der gewaltige Unterschied zwischen Luv- und Leeseite, die Anordnung der Täler zur regenbringenden Windrichtung, die Bewaldung und überhaupt eine Unzahl orographischer Besonderheiten in Betracht, wenn durch solche auch die Gesamtmenge der Niederschläge nicht so sehr beeinflußt wird als die Anzahl und Dauer der Regenfälle, die aus Gründen der anthropologischen und wirtschaftlichen Klimabeschreibung Bedeutung gewinnen.

Im großen ganzen zeigt sich zwar, daß in den verschiedensten deutschen Mittelgebirgen — ich habe alle größern Gebirge berücksichtigt — die Unterschiede zwischen den Gesamtzahlen der Niederschlagstage in den einzelnen Gebirgsorten geringer sind als diejenigen zwischen ihnen und den vorgelagerten oder luv- und leeseitigen Tiefebenen. Wenn man aber die jahreszeitliche Verteilung berücksichtigt, so springen doch beträchtliche Unterschiede heraus. So hat zum Beispiel der südliche Schwarzwald und noch mehr das Voralpengelände im Herbst und Winter bedeutend weniger Niederschlagstage als in den andern Jahreszeiten. Im Riesengebirge ist nur der Herbst etwas regenärmer usw. In den andern deutschen Waldgebirgen ist der jahreszeitliche Unterschied nicht so groß, auch im mittlern Schwarzwald tritt er weniger in Erscheinung, im nördlichen Schwarzwald hat der Herbst wieder eine Vorzugsstellung. Die diesbezüglichen Feststellungen sind leider alle noch recht ungenau, so überaus wünschenswert sie wären.

Nicht gleichen Schritt mit der Anzahl der Regenfälle und Niederschlagstage hält die Menge der Niederschläge; zwar liegt das Maximum zum Beispiel im ganzen Odenwald und im Schwarzwald im Sommer, das Minimum im Winter, aber es decken sich die Prozente der Niederschlagsmengen im jahreszeitlichen Gang keineswegs mit der prozentualen Anzahl von Regentagen im gleichen Gebirge und noch verschiedener ist das Verhältnis der tatsächlichen Niederschlagsmengen zu der Gesamtzahl der Niederschlagstage. So fallen zum Beispiel im Winter des südlichen Schwarzwalds in Badenweiler (450 m) an 39 Niederschlagstagen 158 mm meist als Regen, in St. Blasien (780 m) an der gleichen Anzahl von Niederschlagstagen 436 mm, also fast das Dreifache, meist als Schnee und auf der leeseitigen Hochfläche der Baar wiederum an ebensoviel Regentagen nur noch 133 mm. Auch stärker ansteigende Massive lenken im selben Gebirge von relativ hoch liegenden breiten Pässen die Regenmengen ab und andererseits erhalten auch tiefer gelegene enge Täler in den Zentren der größern Massive viel mehr Niederschläge als der Höhenlage allein entsprechen würde. *W. Peppler* hat in einer lesenswerten Niederschlagsstudie über Baden alle diese Kombinationen die zunächst

fast unbegreiflich erscheinen auf ihre Ursachen geprüft. Dabei ist der klimatische Endeffekt soweit die biologische Klimatologie in Betracht kommt trotz dieser Verschiedenheiten gar nicht so beträchtlich verschieden so daß also z. B. der Freiluftaufenthalt oder Bewegung im Freien in Gegenden stärkerer Niederschläge nicht mehr gehemmt ist als in andern, sei es daß viele Niederschläge als Schnee zu Boden gehen und eine feste Schneedecke bilden oder der Regen rasch abläuft oder durch porösen Boden aufgesaugt wird. Die praktische Klimatologie wird hier wieder durch orographische Beschaffenheiten und Bedürfnisse des Menschen tiefgreifend beeinflußt.

Von allergrößter klimatischer Bedeutung ist natürlich die Dauer der *Schneedecke* im Mittelgebirge. Sie ist in allen deutschen Mittelgebirgen in der Höhe von 800—1000 m beträchtlich, in den östlichen Gebirgen schon im *Vorwinter* (Dezember), in den mehr südlich und westlich gelegenen besonders im *Nachwinter*; auffallend ist da der Schneereichtum im März und in der Höhenlage der mittlern Rauhreifzone etwa um 900 m herum. Ein Nachteil des Mittelgebirges gegenüber dem Hochgebirge liegt indessen in der überaus großen Veränderlichkeit der Schneedecke von Jahr zu Jahr. Erst mit den alpinen Höhen werden die Schneeverhältnisse stabiler. Die klimatische Bedeutung der festen Schneedecke erblicken wir in der Verstärkung der Strahlenwirkung bei klarem Himmel durch Reflex, der Erzeugung von Windstille und in der Vergrößerung der Luftreinheit; auf alle praktischen Folgen brauche ich hier nicht einzugehen.

Im Verband mit den Niederschlägen ist der *Nebelhäufigkeit* zu gedenken. Die Abhänge der Mittelgebirge nach größern Niederungen zu werden häufig noch von den dortigen Strahlungsnebeln der kalten Jahreszeit getroffen, die Gipfel und Mulden sind zu allen Jahreszeiten nebelreicher, indem Nebel teils als Stagnations- und Kältenebel bei hohem Barometerstand und Windstille während des Winters in Mulden, Tiefentälern, flachen Hochtälern und auf Plateaus vorkommen, an den Gipfeln anderseits die Kondensationen intensiv sind, daß ferner die mittlern Gebirgslagen und höhern zentralen Täler ausnahmslos nebelarm oder fast nebelfrei sind. Den Verhältnissen im Schwarzwald (nach Hanglagen der Luvseite, zentralen Tälern, Kammstationen und leeseitiger Abdachung) ähneln die Nebelverhältnisse in den andern Mittelgebirgen. Ihre Nebelhäufigkeit ist jedoch mit Ausnahme des Riesengebirges durchaus größer als im Schwarzwald. Zwischen dem Schwarzwald und dem, feuchten Luftsrömungen reichlich ausgesetzten Harz halten die andern Gebirge, je nach der mehr oder weniger kontinentalen Lage und je nach der Exposition zur Windrichtung, die Mitte.

Die klimatische Bedeutung des Nebels wird nun außerdem oft zu einer rein örtlichen Angelegenheit. Es gibt da Oertlichkeiten wo bei Abkühlung fast nach jedem Regenfall, nach jedem Gewitter, an jedem klaren Winterabend und auch an klaren Sommerabenden bei starker Ausstrahlung Nebel entstehen oder hinkommen als Stagnationsnebel, als Wolkenbildung, als Zugnebel. Nebelarm sind, wie bereits erwähnt, manche zentral gelegene Hochtäler soweit guter Luftabschluß vorhanden ist, wobei es vielleicht noch zur Ausbildung von Bodennebeln in dünner

Schicht kommt aber auch eine Wolkendecke durch den Auftrieb warmer Talluft nicht zur Senkung kommt Solche nebelarmen Taler konnen trotzdem sehr niederschlags und schneereich sein

Auf diese Weise sind wohl allgemein im Mittelgebirge mehr Nebeltage zu verzeichnen als in der Tiefebene, aber schon die Tatsache, daß die Gebirgsnebel meistens Wolkennebel, also reiner, an organisierten Nebelkernen armer Wasserdampf sind und selbst die Kaltestrahlungsnebel auf staubfreiem Gelande entstehen, wahrend Tieflandsnebel großtenteils keim- und stauberfullte dichte Strahlungsnebel sind, macht die Gebirgsnebel weniger zu einer Trubung des klimatischen Bildes geeignet Dann ist auch der Herbst des Mittelgebirges dem Tiefland gegenuber relativ nebelarm und selbst der Gebirgswinter hat weniger Nebel als jenes

Wenn in den leeseitigen strahlungskalten Plateaus und Muldenlagen nicht so viel Nebeltage gezahlt werden als man erwarten zu durfen glaubt, so hangt dies mit der gemeinhin dort großern Lufttrockenheit und mit der Wolkendecke uber diesen Gebirgsteilen zusammen Aber die dort auftretenden Nebel sind dafur wieder zum großen Teil Strahlungsnebel und als solche kalt dicht langdauernd und anthropobiologisch unangenehm

Die *Luftfeuchtigkeit* des Mittelgebirges ist relativ hoch, an der Luvseite, welche in der mitteleuropaischen Klimazone von der westnordwestlichen und der westsudlichen Seite der Gebirge gebildet wird absolut etwas großer als auf den andern Gebirgsseiten Entsprechend der Hohenlage ist der Dampfdruck jedoch oft geringer als in der Ebene und durchschnittlich geringer als an der Seekuste Die Verdunstung wird also im Gebirge gewohnlich leicht vor sich gehen konnen Die Entwarmung bereitet bei hoherer, die Warmeretention bei tieferer Temperaturlage geringere Schwierigkeiten als in der Niederung und die Warmeregulierung geht leichter vonstatten Der Tagesgang der relativen Feuchtigkeit ist weniger durch die Gebirgslage als solche bestimmt, sondern ist von der Besonnung und der Große der moglichen Evaporation der Umgebung abhangig Wahrend im Sommer des Mittelgebirges die Dampfsattigung in den warmen Mittagsstunden fast regelmaßig sinkt und nach langern, durch ostliche Winde bedingten Trockenperioden auch die Dampfspannung erheblich sinken kann, pflegt im *schneebedeckten* hohern Mittelgebirge an klaren Wintertagen, etwa von 700—800 m an, die winterlich geringe Dampfspannung infolge des starker verdunstenden Schnees, trotz Sinkens der relativen Feuchtigkeit uber Mittag jedoch zuzunehmen Der Grad dieser Schwankungen ist bei der Tiefe der winterlichen Lufttemperatur jedoch maßig und bei mittlern Witterungslagen erfahren Dampfspannung und Feuchtigkeitsgehalt langst keine so großen Verschiebungen wie in der Niederung Das Verhalten der relativen Feuchtigkeit ist also extremen Schwankungen selten unterworfen, *es nahert sich in seinem Charakter dem des Seeklimas* im Gegensatz zu dem Feuchtigkeitscharakter alpiner Hochtaler

Dabei kommt es nun aber auch im Mittelgebirge gelegentlich zu langer dauernder größerer *Lufttrockenheit* und zwar besonders im Winter, zunächst infolge der zeitweilig geringen thermischen Konvektion bei ausgebildeter Schneedecke, dann aber auch, und das besonders in den südlichen Mittelgebirgen wie dem Schwarzwald und der Rauhen Alb, infolge ihrer Nähe zu dem Hochdruckgebiet der Alpen durch dynamische Erwärmung und relative Austrocknung herabsinkender oder gleitender Luftmassen. Diese Erscheinung trockener klarer Luft, die mit oft beträchtlicher *thermischer Inversion* verbunden ist, kommt im südlichen Schwarzwald häufiger als im mittleren, in diesem häufiger als im nördlichen vor.

Die *Luftbewegung* ist an und für sich in der Höhe eine stärkere, aber ein einheitlicher Einfluß derselben auf das gesamte Klima und gar auf die einzelnen klimatischen Stationen des Mittelgebirges kommt infolge der mehr oder weniger geschützten Lagen nicht zustande.

Schon die Tatsache, daß die Siedelungen, insbesondere klimatische Kurstationen, sich vorwiegend in den durch Berge oder Wälder geschützten Tälern und an Talhängen oder Abdachungen des Gebirges entwickelt haben, zeigt uns, daß Orte mit stärkerer Luftströmung, wo also plötzliche Abkühlungen eintreten, im Mittelgebirge unerwünscht sind. Wenn dies vor allem für den Winter der höhern Stationen verlangt wird, so hat es doch auch für den Sommer eine Berechtigung.

Nicht nur werden aus den Niederungen kommende aufsteigende Winde mit ihrer Einwirkung auf die Temperaturlage von den geschützten Tälern abgehalten, sondern auch in kühlern Regenperioden mit westlichen und nordwestlichen Winden macht sich die Abkühlung und die Kondensation des Wasserdampfes für den klimatischen Kurgast in solchen Orten weniger bemerkbar.

Es sind also Hang- und Talstationen mit Schutz gegen die Hauptwindrichtungen im Vorteil. Eine Luftdrainage entsteht trotzdem regelmäßig durch die an sonnigen Tagen des Sommers morgens und abends infolge der ungleichmäßigen Erwärmung entstehenden sanften Talwinde und Bergwinde. Sie machen sich gerade während der heißen Jahreszeit in allen ausgesprochenen Tälern des Mittelgebirges noch in angenehmster Weise fühlbar, um während des Winters bei den gleichmäßigen Ein- und Ausstrahlungsbedingungen des schneebedeckten Bodens gerade in den höhern, der Winterkur dienenden Mittelgebirgslagen erfreulicherweise auszubleiben.

Ich komme nun zu den *Sonnenscheinverhältnissen* des Mittelgebirges, um dabei etwas länger verweilen zu dürfen und von ihnen ausgehend dann den Uebergang zu den klimatophysiologischen Auswirkungen zu finden.

Es bedarf keiner Worte über die physikalischen Bedingungen besonderer Art für die Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung im Mittelgebirge, nachdem gerade von den Forschungsstätten des Davoser

Hochtales aus die Grundlagen bis ins Kleine hinein so außerordent lich erweitert und prazisiert worden sind

Die *Sonnenscheindauer* ist einigermaßen befriedigend fur mehrere Mittelgebirge klargelegt, aber die Bedeutung der Gesamtstrahlung ist noch keineswegs ausreichend hinsichtlich solarer Warmeeinstrahlung, Helligkeitsstrahlung, Ultraviolettstrahlung und des Anteils der Wolken und Himmelsstrahlung fur weitere Teile des Mittelgebirges von etwa 800—1000 m Hohe festgestellt Es liegen noch nicht genugend lange Beobachtungsperioden vor, um das tatsachliche klimatische Maß der Strahlung im Mittelgebirge zu erkennen Jede einzelne der genannten Strahlungskomponenten ist im Mittelgebirge von vielseitigen klimatischen und geographischen Eigenarten beeinflußt, von der jeweiligen Hohe uber See, der Sonnenhohe, den Horizontbeschrankungen, von Wolken, Nebel, Dunstschichten der Atmosphare, der mittlern Hohe der untern Stratusschicht u w

Die sudlichen Mittelgebirge nun haben im Mittel langere Sonnenscheindauer als die nordlichen, auch die Zahl der Tage ohne Sonnenschein ist in ihnen nicht unerheblich geringer als in den nordlichen In den sudlichen Mittelgebirgen ist der Sonnenschein gleich oder *großer* als in dem umgebenden Tiefland, in den nordlichen ist das weniger der Fall Die Differenz zugunsten der Gebirgslagen ist *allemal im Winter* wahrend das Sommerhalbjahr fur beide Klimabezirke selten ganz gleiche Verhaltnisse schafft, sondern meist die Bedingungen fur die Ebene gunstiger liegen Besonders wichtig ist das im Winter, wo z B in den vier Monaten November bis Februar die deutschen Sonnenscheinmeßstationen der großeren suddeutschen Mittelgebirge gegenuber den deutschen Großstadten des Tieflandes mit *80 bis 130 Stunden im Vorteil* sind Greift man einen Winter heraus, z B 1919/20 und vergleicht im klimatischen Hochwinter Dezember bis Februar die Mittelzahlen von 12 deutschen Großstadten in der mittlern Hohe von 100 m mit den Mittelzahlen von 6 deutschen Gebirgskurorten der subalpinen Lage von 700 bis 1000 m, so finden wir fur den Sprung von der Großstadt nach dem Mittelgebirge 84 Stunden und fur jede weitere 500 m starke Hohenzone eine mittlere Erhohung der Sonnenscheindauer um je 50 Stunden wahrend 3 Monaten, also am Tag um rund 1, 1½ bezw 2 Stunden gegenuber der Tiefe In der fur Freiluftkuren wichtigsten Tageszeit von 10 Uhr morgens bis 3 Uhr nachmittags wahrend des Winterhalbjahres ist die Sonnenscheindauer der Mittelgebirgsmeßstationen fast genau die gleiche Sie pendelt z B in 5 Hohenorten des Schwarzwaldes zwischen 222 und 235 Stunden und betragt im Mittel 228 Stunden Noch mehr sich gleichende Sonnenscheinverhaltnisse ergeben sich bei Ausrechnung des Sonnenscheines in der fur Freiluftaufenthalt geschatztesten Tageszeit von 11—1 Uhr wo jeder dieser 5 Hohenorte im Winterhalbjahr genau 120 Stunden Sonnenschein d h jeden 3 Tag volle Sonne genießt

Nicht ganz parallel mit der Sonnenscheindauer bewegen sich die Mengen der *tatsachlich niedergestrahlten solaren Warmemengen* da hier die Absorption durch Dunstschichten hoch uber sudlich oder westlich vorgelagerten Ebenen verkleinernd hinzutreten kann Wenn erst großere Jahresreihen von mit Registriervorrichtungen gemessenen Intensitaten und auch Maße der Himmels und Reflexstrahlung vorliegen, werden sich wahrscheinlich auch fur das Mittelgebirge schon betrachtlichere Summen herausstellen als fur die entsprechenden Tieflandslagen, oder vielmehr die aus der Intensitatsgroße bei klarer Sonne unter Berucksichtigung der Sonnenscheindauer oder der Bewolkungsgroße abgeleiteten Strahlungssummen werden sich fur das Tiefland gegenuber dem Mittelgebirge verkleinern Auch im Mittelgebirge selbst durfte sich, nach der Hohe nicht nur, sondern auch nach der Dicke der Dunstschichten, der Nebelhaufigkeit usw, eine lokalklimatisch immer noch betrachtliche praktische Verschiedenheit der kalorischen Einstrahlungsenergien herausstellen, so wie etwa jetzt schon aus dem Vergleich zwischen St Blasien und dem Feldberg i Taunus entnommen werden kann Beide Orte liegen etwa in derselben Seehohe von zirka 800 m

Gleichzeitige Messungen der badischen Landeswetterwarte in Karlsruhe (110 m) und auf dem Feldberg i Schw (1250 m), welche mit dem langjahrigen Bewolkungsmittel zu mittleren tatsachlichen Einstrahlungsmengen verrechnet werden, ergeben fur das Mittelgebirge den Hochgebirgswerten außerordentlich nahekommende Mengen, die weit uber denen der Rheinebene stehen

Auch die auf Luvseite in 800 m Hohe auf der Buhlerhohe gefundenen Werte stehen den Feldbergsmessungen nahe konnten aber wegen großerer Lucken bis jetzt keine Verwendung finden

Noch großer sind die Differenzen zwischen Gebirge und Rheinebene bei Berucksichtigung der Intensitaten bei wolkenlosem Himmel

Grammkalorien pro cm horizontal

	Seehöhe	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni
Taunus Observat Mittelgebirge	820	24	58	90	183	294	287
St Blasien (Dr *F Baur*)	795	48	93	135	244	263	280
Feldberg i Schwarzwald Observat	1250	40	80	135	210	320	335

	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
Taunus Observat Mittelgebirge	238	220	159	94	26	12	51,400
St Blasien (Dr *F Baur*)	297	311	204	120	50	30	62 626
Feldberg i Schwarzwald	355	320	210	125	60	25	75 000
Karlsruhe							54 450
Davos							78 000

Hinsichtlich der *Ultraviolettstrahlung* werden sich ahnliche ortliche Verschiebungen im Mittelgebirge bemerkbar machen Ich kann aus dem Mittelgebirge nur die von *Franz Baur* veroffentlichten Summenreihen in Zinkkugelphotometermaß Intensitaten anfuhren, Zahlen, die sich wohl ebenfalls nach der Lage der Oertlichkeit an

dern werden, vielleicht auch in dieser Maßeinheit nicht direkt mit den in Davos oder andernorts gemessenen Werten verglichen werden dürfen.

Grammkalorien pro cm horizontal

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Davos 1909/10	13,2	20,0	32,9	52,2	105,2	131,0	131,8
St. Blasien 1919/20	11,6	18,6	29,0	49,1	100,8	125,7	125,8

	VIII	IX	X	XI	XII
Davos	116,0	98,2	90,0	30,2	16,1
St. Blasien	109,5	92,1	83,6	26,7	10,8

Auch für das Mittelgebirge gilt aber wohl jetzt schon der Satz, daß das Maximum der ultravioletten Strahlungssummen im Sommer, das Minimum am Ende Dezember auftritt und daß, verrechnet auf gleiche Sonnenhöhe die Ultraviolettwerte der Herbstsonne am größten sind.

Ueber die ultravioletten Strahlungswerte des Firmamentes finden sich aus dem Mittelgebirge noch keine Aufzeichnungen.

Anders wieder liegen im Mittelgebirge die *Intensitäten der Helligkeit*. Im *Sommer* muß die starke Vegetationsdecke des Mittelgebirges, welche massenhaft Licht aufsaugt, weniger Licht reflektieren, so daß im wesentlichen die direkt von Sonne und Firmament zugestrahlte Helligkeit in Betracht kommt, während in dem mit Staubteilchen erfüllten Rheintal durch die vielseitige Zerstreuung ein ungemein gleißendes helles Licht verbreitet ist. Das sagen die bisherigen Messungen, die für das Mittelgebirge noch nicht zu endgültigen Feststellungen führten. Im Winter wiederum ist der Reflex von der weißen, langdauernden Schneedecke des Mittelgebirges in Verbindung mit größerer und längerer Einstrahlung als im Tiefland imstande, die mittlere Helligkeit bedeutend gegenüber den Tieflandswerten zu erhöhen. Alle diese Fragen sind für das Mittelgebirge noch im Fluß.

Ich darf nun nicht unterlassen darauf hinzuweisen, daß für den im Mittelgebirge sich aufhaltenden Menschen alle diese Werte wieder eine betrachtliche Modifikation erfahren, je nach der vorzugsweisen Wahl seines Aufenthaltes, ob im Walde, auf freien Flächen, Höhen, Tälern usw. Es fällt da zu allen Tageszeiten, besonders aber bei tiefer stehender Sonne die intensiv grüne Farbe des Lichtes durch die Transparenz der Vegetation und durch Reflex vom Walde her auf, wenn nicht andere Farbentöne, die durch ferne Dunstschichten bedingt sind, sich stark bemerkbar machen. Diese Lichteigentümlichkeiten erwecken besonders an den der Sonne exponierten Hängen auffallende Farbenkontraste.

Ich übergehe das *Verhalten der elektrischen Vorgänge* die natürlich unter den eigenartigen meteorologischen und aerologischen Verhältnissen der mittleren Höhe, sowie bei der reichen vertikalen

Gliederung des Gebirges eine besondere Note erhalten, über welche aber weniger fortlaufende Untersuchungen existieren als theoretische oder erfahrungsgemäße Wirkungskonstruktionen. Nicht vergessen darf ich aber, ohne auf Einzelheiten einzugehen, die gewaltige *seelische Wirkung*, die nicht allein aus den rein klimatischen Eigenheiten der Klarheit, Luftreinheit, Luftfrische, Trockenheit oder mildwarmer Feuchtigkeit sich ableitet, sondern die auch durch die höhern Sinnesorgane auf dem Wege ästhetischer Einwirkung vermittelt wird. Im Sommer ist diese Wirkung der Art nach eine andere als im Winter. In diesen beiden Jahreszeiten aber tritt sie mit stärkerer positiver Affektwirkung auf als in den Uebergangszeiten, wobei aber dem *Herbstbeginn* infolge des maritimen Charakters des Gebirgsherbstes eine fast maximale Steigerung der seelisch erhebenden Einwirkungen zukommt.

Vergegenwärtigen wir uns nochmals die Eigenschaften des Mittelgebirgsklimas, so sind es gegenüber dem Tiefland verringerter atmosphärischer Druck, kühlere Temperaturlage der Luft im Sommer, nur wenig kühlere Temperaturlage im Herbst und Winter, häufig geringe Tagesschwankungen der Temperatur, geringe interdiurne Veränderlichkeit, im allgemeinen größere und gleichmäßigere Dampfsättigung der Luft bei im ganzen geringerm Dampfdruck infolge der Höhenlage, eine mildere Lichtwirkung bei größerm Maß der ultravioletten Strahlung und eine gleichmäßigere Verteilung der Sonnenscheindauer auf das ganze Jahr, so daß das Frühjahr und der Sommer im ganzen weniger, der Herbst und Winter mehr Sonnenschein haben als das Tiefland, ferner eine gleichmäßigere Verteilung des Sonnenscheins über die besten Tagesstunden von 9—3 Uhr. Die Niederschläge sind reichlicher, die Dauer der Regenperioden und die Zahl der Regentage sind wesentlich vergrößert. Ein großer Teil der Winterniederschläge bleibt lange Zeit als Schneedecke liegen. Recht verschieden sind Wind-, Nebel- und Niederschlagsmengen. Es resultiert aus diesen Eigenheiten eine gleichmäßigere Luftwärme, eine größere Luftreinheit, eine stärkere Strahlung ohne Verstärkung des Helligkeitsreizes für das Auge.

Gegenüber klimatisch bevorzugten Regionen im Hochgebirge sind die meteorischen Faktoren der Lufttemperierung, der Strahlung, der Luftklarheit, der Luftdruckverringerung schwächer. Bezüglich der relativen Lufttrockenheit und wiederum der Ozeanität des thermischen Klimas und Feuchtigkeitsklimas liegen verschiedene und wechselnde Verhältnisse zu Tage.

Die reichhaltige Schattierung dieses Klimas, welches durch seine Entfernung vom Meer, durch die Richtung, die Masse und die Furchung des Gebirges, durch seine Wind- und Windschattenseite, durch Talgrund, Hang oder Gipfel entsteht, gestattet uns, Klimate mehr maritimen und mehr kontinentalen Charakters zu unterscheiden.

Zu den erstern mit geringern klimatischen Extremen gehoren in erster Linie die Kamm und Gipfelklimate, die aber wegen der Haufung der Niederschlage, der Windbewegung und wegen der gelegentlich durch Hohennebel beeintrachtigten Sonnenwirkung eine beschranktere biologisch-therapeutische Bedeutung haben

Zu den kontinentalen Mittelgebirgsklimaspielarten mit großern klimatischen Extremen rechnen diejenigen auf ausgesprochener Leeseite großerer Gebirgsmassen, auf Plateaus und in flachen Senkungen, sowie in breiten Talern inmitten großerer Gebirgsmassen

Eine Mittelstellung nehmen die Hang- und Talstationen mittlerer Hohe von etwa 350—900 m ein, unter sich verschieden nach der Hohenlage und der Hohe der flankierenden Bergzuge, sowie nach deren geographischen Lagebedingungen Sie haben die gemeinschaftliche Eigentumlichkeit, die therapeutischen Vorzuge des Mittelgebirges am ausgesprochensten zu zeigen und, wie *F Bauer* fur St Blasien beispielsweise nachwies, eine geringe mittlere Abkuhlungsgroße zu besitzen

Ausgedehnte Bewaldung, insbesondere die immergrunen Koniferenwalder andern das Klima nach der Richtung des maritimen Charakters und sind fur die arztliche Verwendung gerade der letztgenannten Mittelgebirgsklimavariation ein Haupterfordernis

Je mehr der Hochgebirgscharakter, sei es durch die absolute Erhebung uber dem Meer, sei es durch thermische Faktoren in das mittlere Klima dieser Gruppe eingreift, desto mehr sind wir berechtigt, von subalpinem Charakter solcher Mittelgebirge zu sprechen Er ist, da wir auch fur das eigentliche Hohenklima besonders den Hochtalern unser klimatotherapeutisches Interesse zuwenden, den hoher gelegenen Talern des Mittelgebirges eigen, wahrend die reine Meteorologie im Gegensatz dazu den Kuppen und Kammen auch des Mittelgebirges Hohencharakter zuerkennen muß

Als *Einwirkungen des besprochenen Klimas* auf den menschlichen Organismus finden wir im Mittelgebirgsklima, insofern dasselbe nicht durch kulturelle, technische und industrielle Einrichtungen entartet ist, eine großere funktionelle Reizung durch großere Beanspruchung der Oxydationsvorgange, durch Einstrahlung und Verdunstung eine verschiedene Beanspruchung der Warmeokonomie, eine Schonung der atmenden Oberflachen und im Sommer auch der thermischen Ausgleichsfunktionen, ferner ganz allgemein eine Schonung der Sinnesorgane Im *Winter* wirkt ein relativ noch großerer und langer dauernder Strahlungsreiz bei im allgemeinen großerer Schonung der Warmeokonomie und der Atmungsfunktion als im Tiefland gleicher Breite Gegenuber dem Hochgebirge und dem sommerlichen Seeklima sind alle meteorischen Reize gemildert die Schonung vermehrt oder jedenfalls nicht verringert In vieler Hinsicht durfte das Verhaltnis des Mittelgebirges zum menschlichen Organismus dem eines milden herbstlichen Seeklimas unserer Breiten entsprechen, ohne daß sich bei der vielseitigen, wenn auch nur mitt

lere Grade aufweisenden Variabilität des Mittelgebirgsklimas gegenüber dem gleichmäßig und gleichsinniger wirkenden Seeklima eine Identität der Wirkung ableiten ließe

Wir kennen aus einigen physiologischen Untersuchungen im Mittelgebirge, besser jedoch aus vielen Beobachtungen am kranken und gesunden Menschen, Veränderungen der Funktionen, die in langer Dauer und bei zweckmäßiger Inanspruchnahme auch tiefer greifende Wirkungen auslösen und damit Uebung, größere Funktionstüchtigkeit oder Heilungen anbahnen können Besonders dann ist dies der Fall, wenn zu den rein meteorischen Wirkungen, die, allerdings nicht notwendigerweise der Klimawirkung angegliederten, Einflüsse der Geländegestaltung auf die Funktionen und motorischen Leistungen des Organismus hinzukommen So kennt man eine leichte Beschleunigung der Atmungsfrequenz, die bald in eine Vertiefung der Atmung, in eine größere Ventilation der Lungen übergeht Dauernde Neigung zur Atmungsbeschleunigung, Oppression, ungenügende Ventilation ohne genügenden Gaswechsel beobachtet man nicht selten bei scheinbar Gesunden, wobei näheres Hinschauen denn aber doch einen besonders starren Brustkorb und eine fast ausschließlich diaphragmale Atmung, die von vornherein nur begrenzten Anforderungen genügt, aufdeckt Ruhe und geschickte Uebung beseitigen diese Störung gewöhnlich Eine Erklärung muß wohl in der Herabsetzung des exspirationsfördernden Luftdrucks auf die nahezu starre Brustwand zu suchen sein an deren Stelle wohl die Vergrößerung der Zwerchfellatmung treten könnte, wenn sie nicht ebenfalls, aber diesmal auch inspiratorisch, durch Aenderung des Drucks auf den Bauchinhalt beschränkt würde Die Ursache ist also eine mechanische, die Wirkung tritt sofort ein und klingt gewöhnlich bei Einstellung der Funktion auf das Hindernis fortlaufend ab

Man spricht ferner von einer leichten Beschleunigung der Herztätigkeit, die ebenfalls bald einer Verstärkung der Herztätigkeit einer Vergrößerung des funktionellen Effektes der Einzelkontraktion weicht, wahrscheinlich nicht allein aus klimatischen Gründen, sondern aus solchen der Funktionsreaktion auf Reize überhaupt Damit in loser Verbindung steht die häufig, ja fast regelmäßig beobachtete, aber ganz vorübergehende Erhöhung des normalen Blutdruckes in geringem Maße Zuweilen vermißt man in der beschränkten Höhenlage des Mittelgebirges eine klinisch erkennbare Anpassung des Herzens an die nur wenig veränderte Sauerstoffspannung In seltenen Fällen ist ein Versagen der Anpassung, gelegentlich eine Ueberreizung des Zirkulationssystems wahrzunehmen, die sich in einer durch nichts zu beeinflussenden Beschleunigung der Schlagfolge kundgibt und nach einiger Zeit subjektive und objektive Ermüdungserscheinungen hervorbringt, ein Bild am meisten vergleichbar der hyperthyreoiden Funktionsanomalie des Herzens Erst Rückkehr in das Niederungsklima führt gewöhnlich einen baldigen Ablauf der Störung herbei Fast gar nicht beobachtete ich diesen Zustand bei zahl

reichen Herzkranken, wie uberhaupt der Herzklappenfehler und die relativen funktionellen oder muskularen Insuffizienzen entgegen weitverbreiteter Auffassung auf hohenklimatische Einwirkung nicht gerade extremer Natur wenig oder uberhaupt nicht, jedenfalls nicht in ungunstiger Weise ansprechen Im Gegensatz zu den vorhin genannten Respirationsstorungen sind diese kardialen klimatogenen Eigenheiten gewohnlich nicht sofort bemerkbar, sie entwickeln sich langsam und zeigen bei Verbleiben im Klima wenig Neigung zur Reversion Es handelt sich also nicht um mechanische, durch Uebung uberwindbare Veranderungen, sondern um tiefergreifende vielleicht endokrine Ursachen

Die Durchblutung der Haut ist im allgemeinen eine starkere Die Beeinflussung der *Blutzusammensetzung* geht im allgemeinen in der Richtung einer leichten Erhohung des Blutfarbstoffgehaltes und einer schon fruher einsetzenden Vermehrung der Zahl der roten Blutkorperchen Diese Eigenschaft entspricht bei Kranken und Gesunden einer allgemeinen Tendenz der Blutveranderung auf unspezifische Reize Meine neuern Bobachtungen an 50 verschiedenen Kranken und Gesunden mit hyphamischem Blutbild, die *keine auf die Blutbildung wirkenden Medikamente* erhielten, haben diese schon fruher festgestellte Tatsache von neuem verstarkt In allen Fallen stieg der Hamoglobingehalt und die Zahl der Erythrocyten, wo fortlaufende Untersuchungen gemacht werden konnten, wurde fast ausnahmslos vor oder gleichzeitig mit einer Steigerung des Hamoglobingehaltes die Erythrocytenvermehrung beobachtet Im weißen Blutbild ist da, wo nicht Komplikationen in den gesundheitlichen Zustanden auftreten, fast durchweg eine Verringerung der Lymphocytenzahl, meist allerdings der festgestellten Lymphocytose vorhanden und ferner eine Vermehrung der segmentkernigen polynuklearen Leukocyten gegenuber den stabkernigen, den Jugendformen und andern, also eine leichte Rechtsverschiebung des *Arneth Schilling*'schen Blutbildes Hyperglobulien und Hyperamien mit oder ohne Gefaßspannung zeigen Neigung zur Normierung Ich mochte daraus aber nur die allgemeine Tendenz der Aenderung herleiten keine therapeutischen Anzeigen

Bei gleichbleibender Ernahrung ist eine Neigung zum Fettschwund und zur Entwasserung des Korpergewebes vorhanden Endokriner Klimareiz mag hier mit gesteigerter Muskelarbeit zusammenwirken Wo eine Gewichtszunahme erzielt werden soll, steht derselben naturlich das Klima nicht im Wege

Die Wirkung auf die *Schleimhaute* fuhrt nur selten zu starkerer Austrocknung, wie es in wesentlich trockenern Klimaten, etwa dem Hochgebirge oder der Wuste beobachtet werden kann Die trotzdem oft beobachtete Sekretionsbeschrankung kann zum Teil eine scheinbare sein durch starkere Verdunstung Die Reinheit auch der Mittelgebirgsluft laßt allerdings Reizzustande der Schleimhaute nicht

aufkommen und beseitigt sie haufig allein schon Eine etwas großere Neigung zu Schleimhautblutungen (Nase, Menstruation, Hamorrhoidalblutungen) ist vorhanden

Eine Wirkung auf die *Nierentatigkeit* ist als sekretionsfordernd beschrieben und zuweilen arztlich beobachtet, aber kaum einwandfrei als klimatogen erwiesen Witterung, allgemeines Verhalten, Ernahrung, Erholung des Zirkulationssystems sind zweifellos mitbestimmend

Die *Darmtatigkeit* soll haufig herabgesetzt sein, hier kann allerdings bei Voraussetzung unveranderter Lebensweise die großere Wasserverdunstung und der verminderte Luftdruck auf den elastischen Teilen des Korpers bereits eine Rolle spielen, auch eine klimatisch bedingte Aenderung der digestiven Sekretion und der Darmflora ist annehmbar

Die Wirkung aufs *Nervensystem* ist wohl die mannigfaltigste, ausgehend von den klimatischen Faktoren der Temperaturerholung, der Besonnung, der Luftreinheit, der idiogenen klimatischen Anregung, wie sie naturgemaß in jedem Klima vorhanden ist, aber in ihren Einzelheiten noch der Aufklarung harrt Sie nimmt ihren Weg teils direkt uber eine klimatische Gefaßwirkung, dann als omnizellulare Einwirkung oder durch das sympathische System und uber das Seelenleben hinweg auf die motorische Sphare, die psychomotorische Reizschwelle, auf die Reaktivitat sensibler, hormoneller oder sekretorischer Gebiete verschiedenster Organprovinzen Die Aufklarung der hier gemeinten Aenderungen ist nur zum kleinen Teil bis jetzt durch das Experiment in Angriff genommen worden Sie bilden teils Allgemeinerfahrungen, beruhen auf arztlicher Beobachtung, dienen aber jedenfalls bewußt und unbewußt als Grundlage fur die klimatische Behandlung zahlreicher Reiz und Ermudungserscheinungen des Nervensystems

Eindrucksvoll ist die haufig schon im Mittelgebirge zu beobachtende Neigung zum Schlaf einerseits, haufiger jedoch zur Verringerung der Schlaftiefe anderseits, mit der man als Arzt in der ersten Zeit des Aufenthaltes von Erholungsuchenden nicht selten zu kampfen hat, die aber selten ein unbezwingliches Ausmaß annimmt

Nur streifen mochte ich die psychotropen Einwirkungen, die von der Landschaft allein, oder von Landschaft, Klima und Witterungslage zusammen ausgehen Sie sind vielseitig, wechselvoll, oft rein individuell, traditionell, zahlreich beschrieben und entbehren eben deshalb der Pragnanz in den Objektivierungen des Bewußtseins sowie derjenigen Empfangsstellen im Zentralnervensystem, von denen das sympathische System zwangslaufig beeinflußt wird, weitaus vorherrschend ist der sedative und befreiende Charakter dieser Einwirkung

Auf dem ganzen großen Gebiet der klimatogenen Auswirkungen im Nervensystem fehlen fur unser Klimagebiet noch die grundlegenden Experimentalfeststellungen Man wird solche aus dem Hoch

gebirge oder von der See zunachst nicht, jedenfalls nur in Einschrankung, ubertragen durfen

Daß Aenderungen der elektrischen Leitfahigkeit, des Potentialgefalles, Emanationswirkungen physiologische Effekte zeitigen, durfte wahrscheinlich sein, doch liegen keine Anhaltspunkte vor, dem Mittelgebirge hierin eine Sonderstellung einzuraumen Alpennahe, Fohnwirkungen, Haufigkeit von Inversionslagen, besonders orographische Zuspitzungen liefern allerdings Situationen, die einem starkern Auftreten und Wechsel elektrischer Vorgange gunstig sind und die sich in befreienden oder bedruckenden Sensationen bei Gesunden und Kranken fuhlbarer machen konnten als in dem, solchen Vorgangen gegenuber vielleicht gleichmaßiger gelagerten Tiefland Theorie Mutmaßung und Empfindung fullen auch bei diesem Problem noch die weiten Lucken des Wissens aus

Wie Sie erkennen mogen, hatten Institute fur Klimaforschung wie in andern Klimaten so auch im Mittelgebirge, noch einen ungeheuren Aufgabenkomplex zu entwirren und zu bearbeiten

---

Le golfe de Naples, son milieu naturel et sa valeur climato-physio therapeutique

Par le Dr Comm *Vincenzo Cuomo* Capri

Lors du VII Congres International de Thalassotherapie a Abbazia, j'ai traite, dans un rapport special, des causes qui modifient l'action physio therapeutique des climats marins, en les resumant ainsi

1° Causes physiques inherentes au milieu naturel, comprenant les conditions geologiques et hydrographiques, la topographie et la meteorologie locale, la composition chimique et organique de l eau de mer, et la constitution de l'air des differentes plages

2° Causes inhérentes a l'element morbide et, par suite aux con ditions particulieres individuelles

3° Causes liees au milieu social et psychique et a la technique du traitement

Le premier groupe, celui des causes qui sont en rapport avec le milieu naturel, impose une enquete rigoureuse, exacte des caractères climatiques particuliers et des variétés locales, il nous amène directe ment a la spécialisation physico medicale des climats marins, dont je me suis occupe dans un rapport officiel au XI Congrès National d'Hydrologie, Climatologie et Therapie physique de Naples, en 1912

Evidemment cette spécialisation des climats marins forme la base scientifique de la Thalassotherapie moderne

A l'état actuel, on peut affirmer que la *specialisation* des litto raux europeens est déja tracée dans ses grandes lignes, au double point de vue balnéaire et climatique, sur les bases des analyses de l'eau et de l'air marin, et sur les donnees météorologiques des stations mari times les plus connues et les plus accréditees

On sait — par exemple — que le littoral allemand de la mer du Nord est caractérise par une humidite très elevee, une basse tempe rature, une ventilation très énergique et une nebulosité remarquable

Le littoral belge et celui de la Manche depuis Dunkerque jusqu'a Brest, possèdent un climat franchement maritime, dont les éléments stimulants (grand mouvement d'air produit par la predominance des

vents de O et NO ne sont aucunement attenues par des conditions locales de nature a permettre le dosage de l'influence climatique

Le littoral Atlantique ressent l'influence preponderante de l'Ocean qui en constitue le grand regulateur thermique et hygrométrique Reclus et Lalesque affirment que le climat de ce littoral est le climat maritime par excellence de la France, caracterise par une stabilite relative thermo hygrometrique, pluies nocturnes, vents du large, pression atmospherique avec oscillations faibles, grande pureté de l'atmosphere Mais, indépendamment de ces caractères climatiques genéraux, l'Atlantique, ainsi que la Baltique, presente des varietes regionales frappantes, liées aux conditions topographiques locales qui permettent d'attenuer l'action des facteurs excitants de l'atmosphere marine, et precisement des forts courants aeriens En effet les dunes reboisees et les immenses forets de pins qui, a partir de l'embouchure de l'Adour, longent les côtes girondines et landaises jusqu'à la frontiere espagnole, forment un abri puissant contre les vents impetueux soufflant du large et assurent, par consequent, a cette region favorisee de l'Atlantique une valeur climato thalassotherapique remarquable Bien sur, ces conditions topographiques, toutes speciales des stations maritimes d'Arcachon et Soulac-sur mer, ont etabli la-bas des indications medicales formelles dans la tuberculose pulmonaire a reaction erethique Ces dunes et ces forêts, en moderant l'action des forts courants aeriens et, en filtrant, pour ainsi dire, l'air marin, attenuent les effets des facteurs stimulants et permettent, par contre aux elements sedatifs du climat oceanique d'opérer leur action sur les sujets tres nerveux, irritables, fébricitants

Le littoral de la mer Baltique ou Méditerranée du Nord, offre encore plus que l'Atlantique des conditions régionales, attenuant l'action trop energique des facteurs excitants du climat, en raison precisement de la topographie des differentes stations, dont quelques unes sont eloignees de la mer de plus de 500 m , d'autres, quoique a très courte distance du bord de la mer, sont protegées contre les vents par une couronne de dunes et de forêts

Je voudrais rappeler à cet égard les recherches du Dr *Margulies* qui prouvent jusqu à quel point la présence de forets sur les plages permet le dosage d un des éléments les plus importants du climat maritime, c est à dire des vents Dans le parc qui (avec une largeur de 100 à 200 m) s étend pour trois km parallelement a la plage de *Kolberg* le Dr *Margulies* recueillit au printemps de l année 1911 au moyen d un anemometre special 47 observations donnant les resultats suivants Par un vent d *Ene* dans les endroits les plus exposés (le Ostmole) la force du vent atteignait 10 4 par seconde tandis que dans l interieur du parc, meme dans les points les plus exposes elle ne dépassait pas les 3 mètres et dans les allées plus ombrageuses elle descendait jusqu à 0,6 par seconde

Littoral Mediterraneen C'est a la Méditerranee que revient l'harmonieux accord des éléments naturels constituant le climat des côtes de cette mer historique

C'est grace a l'influence deployee par cette mer, énorme réservoir et véritable pourvoyeur de chaleur, que ces plages jouissent de ces privi

leges climatiques outrepassant ceux correspondant a sa latitude Et l'on observe justement a cet egard que l'action de la Mediterranee s'etend plus ou moins sur toute la surface meridionale du continent europeen

Douceur et relative uniformite thermo hygrometrique, grande lumiere, duree remarquable de l insolation, extrême variete et beaute des localites ornees d une vegetation luxuriante, tels les caracteres generaux saillants des differentes zônes maritimes meridionales qui seduisirent les anciens peuples Pheniciens, au point de leur faire etablir leurs premieres colonies sur les bords riants et fertiles de nos côtes tyrrheniques

La Peninsule Italienne s'etend de NO a SE entre les deux bassins de la Mediterranee, qui en effleure les cotes sur une longueur de 6332 km Le territoire d'Italie doit a la chaine de l'Apennin entre Nice et Ancona, la distinction de son climat correspondant aux deux grandes regions *cis-apenninique* et *trans- apenninique*

En effet la première ou region tyrrhenique, exposee au Midi et, par consequent, aux vents de S et SE, soufflant du large, protegee par l'Apennin meme des vents du Nord, jouit d'un climat plus doux, plus tempére et uniforme que celui de la region Adriatique, separee par un court trajet de mer d'un continent très etendu En effet le littoral Adriatique ressent l'influence des vents froids de N et NE, auxquels il est expose au moins jusqu'au promontoire du *Gargano* veritable eperon abritant la région meridionale du meme littoral contre les vents de NE

Mais, independamment des traits distinctifs généraux entre les sus dites Zones maritimes d'Italie, et sur lesquels je n'ai pas le temps de m'arrêter, ce qui doit appeler l'attention du climatologiste est précisément la grande variete des différentes contrées appartenant a chaque littoral et particulierement au tyrrhénique variete qui est en rapport avec l'orientation, la constitution geologique et les accidentalités topographiques les différentes localités

II

Le golfe de Naples son milieu naturel et sa valeur climato-physiotherapeutique

Suivant le titre de ma conférence, je me bornerai a vous résumer brièvement les caractères climatologiques les plus proeminents de notre golfe de Naples tout a fait spécialisé, comme sous région maritime du littoral tyrrhenique, au triple point de vue physique, climato physiologique et thérapeutique

La contrée napolitaine est climatologiquement individualisée par un ensemble de caractères directement liés a la situation geographique, à la topographie, a la structure lithologique du sol, ainsi qu'aux qualités particulières du climat et a la composition organico vitale de l'air

Le sol — Topographie Geologie Vegetation

1° La region de l'ancienne Parthenope occupe, sous la latitude de 40° 52, un bord frais de la zone sub tropicale Du bord de la mer la ville de Naples s'eleve doucement vers les collines de St Elmo (249 m), du Vomero (180 m) et Capodimonte (149 m) qui la couronnent au Nord

Du côte oriental le Vésuve dont le sommet atteint 1282 metres domine toute la plage qui s'etend de Naples a Castellammare di Stabia, ou sont alignées de florissantes petites villes, telles que Portici, San Giorgio a Cremano, Resina Torre del Greco, Torre Annunziata, dont le climat marin-volcanique offre des avantages speciaux De la belle ville de Castellammare, dont le sol contient de veritables trésors naturels avec ses nombreuses sources minerales d'une valeur therapeutique incontestable, la terre ferme se retrecit en constituant la peninsule, fort pittoresque, de Sorrente jusqu'a la Punta della Campanella

Du côte Ouest la plage napolitaine se prolonge vers le verdoyant promontoire de Pausilippe, d'ou la courbe enchanteresse du golfe se developpe jusqu'au Cap Misene Vers le midi les iles celèbres de Capri et Ischia avec sa petite cour de Procida, Nisida et Vivara, resplendissent sur l'azur merveilleux, incomparable de la mer

2 Au point de vue géologique, la contree napolitaine nous parait naturellement partagée en trois zones distinctes

a) la région *phlegreenne* ou *volcanique eteinte* formee de crateres eteints ou presque tels comprenant les collines de Baja Bagnoli et Bacoli, la celèbre station thermale d'Agnano et les îles volcaniques de Procida et Ischia

b) La région *volcanique active* qui comprend les stations au pied du Vésuve telles que S Giorgio a Cremano, Portici, Torre del Greco, Torre Annunziata, Valle di Pompei, Boscoreale

c) La région *calcaire* dont font partie la peninsule de Sorrente et l'Ile de Capri

Il est évident que les differences entre la constitution spéciale du sol de ces trois regions et, partant, dans la nature et l'activité des échanges physico chimiques entre la surface du sol et les couches inférieures de l'atmosphère en contact immediat avec elle, determinent de véritables especes climatiques, presque, dirai je, des atmosphères medicamenteuses En effet la région *volcanique active* est caractérisée non seulement par l'etat de secheresse du sol, mais surtout par les emanations fixes et volatiles du volcan, dont l'action profondément modifiante sur l'organisme ne saurait etre contestée

La région *phlegreenne* siège des stations thermales très rénommees d'Agnano, Ischia et Bagnoli, est aussi remarquable par les conditions particulières du sol, qui, dans le voisinage de Pozzuoli, et précisément dans l'endroit appelé «La Solfatara» remplit l'air d'émanations sulphureuses qui ont été l'objet d'expériences a résultats douteux

En considerant la region *calcaire* nous avons aussi a constater l'importance des conditions telluriques par rapport a des elements qui jouent sûrement un grand rôle dans l action physiologique des climats locaux correspondants et qui sont encore a etudier a ce point de vue Il me faut a ce sujet, revenir, pour quelques instants, sur des observations sur la deperdition electrique de l atmosphere que je ai eu occasion de faire regulierement, il y a plusieurs annees, a Capri, a la requete des Academies reunies de Munich, Gottingen, Vienne et Leipzig Ce fut le celebre et regrette Prof Elster, de Braunschweig, qui prit l initiative des recherches comparatives a entreprendre en divers endroits, soit a l'intérieur des continents, soit en des stations maritimes meridionales La discussion de 348 mesures prises depuis le mois d'octobre 1901 jusqu a la fin de mars 1903, a forme l'objet d'une communication speciale lors du VII Congres International d'Hydrologie, Climatologie et Therapie physique de Venise

A propos de ces mesures il est important de remarquer que le haut coefficient de deperdition électrique a Capri, avec les variations dependant des oscillations de la temperature, de l'humidite, de la vitesse et de la direction des vents, de la transparence de l'atmosphere etc, fit supposer a Mr le Prof *Riecke* de Gottingen que très probablement je me trompais dans mes observations avec l electrometre d Elster, et dans mes calculs Mais les donnees ulterieures, et des evaluations similaires pratiquees selon la meme methode dans les profondeurs du sol, a savoir dans les grottes de Capri, et particulierement dans la grotte des Stalactytes sur la colline de San Michele ou le coefficient de deperdition atteignait une valeur trois fois superieure a la moyenne des observations faites a l'air libre, donnèrent la preuve indiscutable de l'exactitude de ces évaluations

Il s'agissait donc de decouvrir la cause de la haute valeur du sus dit coefficient Ce fut alors que me vint l'idee de l'influence possible d'emanations radioactives du sol sur la conductibilite électrique de l'air Les échantillons de détritus calcaire du fond de la Grotte des Stalactytes (petite grotte des éléphants), ainsi que de *po""olana* et d'*humus* envoyés en Allemagne tout à fait bien conditionnés et soumis plus tard aussi a Mr le prof *Trovato-Castorina* d'Acireale, confirmerent mon hypothèse Mr le prof *Elster* déclara que le sol de Capri est remarquablement radio actif Enfin de nouvelles experiences pratiquées à Capri par Mr le prof *D Aquino* de l'Ecole polytechnique de Naples, établirent absolument cette conclusion ainsi que la presence d'émanations radioactives dans l'air de Capri, apportant de la sorte une nouvelle lumière sur l'étude des facteurs physiques du climat de l'ile

Permettez moi de rappeler ici les conclusions que je pus deduire de mon etude

I L'air de Capri présente une grande force de conductibilite electrique, superieure a celle qu'on a pu constater en plusieurs localites continentales de l'Europe centrale

II L'examen d'echantillons de terrain et de roches de Capri que je prélevais sur place revela la presence d'un grand contenu d'emanations radioactives, superieur aux valeurs correspondantes des sediments argileux et autres produits volcaniques de plusieurs provenances

III L'air de Capri est extraordinairement riche en matieres radio actives

Les experiences pour les mesures de la radioactivite de l air eurent lieu a la grande plage de l Ile (cote Nord) à 30 metres au dessus du niveau de la mer et sur la hauteur à Anacapri, a 300 m dans le jardin de ma villa

Mr le Dr *D Aquino* physicien du laboratoire d électrochimie a l Ecole Royale Polytechnique auquel je voulus m adresser pour l exactitude des experiences plaça lui meme chaque fois le fil chargé d un courant alterné de 125 volts frequence 39 (le seul à notre disposition) et suivit le procedé en controlant la decharge de 15 en 15 minutes

3 *Vegetation* La region de la «*Campania felice*» offre dans la fertilite merveilleuse de son sol une autre marque de la bonté et de la salubrite de son climat Sa vegetation luxuriante joue, certes, un grand rôle dans l action physiologique et therapeutique des beaux environs de Naples

On peut dire que cette contree est specialisee, au point de vue de la vegétation par la presence de bois taillis tres epais, formes principalement de châtaigniers et aussi par des forets de pins et de chenes et — sur les plus hautes montagnes, par des plantations très etendues de hetres et de pins

Evidemment la grande variété des localités permet des plantations differentes selon la nature, la conformation et l'exposition du terrain C'est ainsi que Sorrente, dont le sol est volcanique et, par consequent, très poreux se prête énormément à la culture des citronniers et des orangers et aussi à celle des oliviers Les stations au pied du Vesuve sont très renommees aussi bien pour le developpement très vigoureux de la vigne, que pour la culture des arbres fruitiers, du ble et du mais Une pareille fertilite caractérise aussi la region phlegréenne

Meteorologie

Lors de notre XIII Congrès National d'Hydrologie, Climatologie et Thérapie physique j'eus l'idee de préparer un premier essai de climatologie comparee du golfe de Naples, en rassemblant, pour une période de 15 annees, les données météorologiques des observatoires du reseau napolitain, placés en divers endroits soit sur le littoral soit sur les îles du golfe C'est ainsi que j'ai pu relever les differences entre les trois régions sus décrites que je voudrais résumer ici brievement

Pour la température

La courbe du mouvement thermique etudie et suivi dans les allures mensuelles et décadiques de ses principaux éléments tels que la temperature moyenne, l'excursion mensuelle, la variation inter

diurne, les oscillations nycthemerales, les variations horaires de la journee médicale, montre clairement que la *zone calcaire* (peninsule de Sorrente, Ile de Capri) est la plus fraiche du golfe, ayant une temperature annuelle moyenne de 14° 6, avec un *maximum moyen* de 18° et un *minimum moyen* de 11°, tandis que dans la *zone Vesuvienne* la moyenne annuelle monte a 16°, avec un maximum moyen de 19° 7 et un *minimum* de 12° 5 Ces chiffres s'élevent bien encore dans la *zone phlegreenne* (Pozzuoli, Baja, Agnano Procida, Ischia), ou la moyenne atteint 16°6, avec un ecart encore moins prononce entre les maxima et les minima En effet cette excursion est seulement de 4° dans cette Zone, contre 7° 2 de la region volcanique active et 7° de la Zone calcaire L'analogie est evidente entre le climat littoraneen de la region phlegreenne et celui de la Riviera italienne de Ponente

Pour ajouter un mot au sujet de la temperature dans la ville de Naples en particulier il me faut remarquer que les diverses conditions altimétriques et d orientation modifient en quelques sorte la moyenne thermique annuelle qui dans la partie septentrionale et plus elevée de la ville *(Capodimonte)* est de 15° 6 tandis que dans la partie occidentale elle atteint 16° et dans la centrale et l orientale respectivement 16° 6 et 14° 5 La véritable moyenne annuelle avec reduction a la mer est à Naples de 16° 43 avec une excursion périodique annuelle de 16° 30 entre la moyenne du mois le plus chaud (24° 2 en juillet) et celle du mois le plus froid (8° 64 en janvier) La moyenne des températures annuelles maximales observées a Capodimonte (observatoire astronomique) pendant une periode de 75 annees (1821—1895) est de 33° 65 celle des temperatures minimales correspond a 1° 04 d ou une excursion aperiodique annuelle de 34° 69 Mais evidemment les donnees qui nous intéressent au point de vue de la climatologie medicale sont plus que les ecarts mensuels celles qui regardent l *excursion aperiodique journaliere* et la *variation interdiurne* La première ne surpasse pas les 6° C en atteignant son maximum (7° 46 en moyenne) pendant le mois de juillet et son minimum (4° 25 en decembre) Quant à la variation interdiurne qui constitue l *element thermique* le plus important au point de vue hygienique et medical, les résultats de longues séries d observations permettent de fixer pour Naples 1 seul degré centigrade comme moyenne de cette excursion qui atteint un maximum de 1° 3 en mai et un minimum de 0° 8 au mois d aout Il est aussi très remarquable à cet égard que les variations interdiurnes au dela de 20° C ne se produisent qu en 56 4 jours de l annee et celles encore plus fortes de 4° C ne se vérifient que 4° 9 fois dans le cours de l année Mes observations personnelles de 35 ans à Capri confirment cette allure favorable de la variation interdiurne

En un mot la temperature du golfe de Naples présente le caractère climatique suivant Moyennes, maxima et minima très modérées Variations douces, lentes et constantes

Humidite atmospherique Les releves comparatifs de l'humidité consideree dans ses deux principaux élements, assignent a la région phlegreenne les valeurs de 10,6 pour la tension de la vapeur, et 68,4 pour l'humidite relative Dans la region Vesuvienne les memes elements sont representés par 9,8 et 70, et dans la zone calcaire par 10,4 et 69 respectivement

A Naples les releves d'une longue serie d'observations ont permis a l'Ing *Passaro* d'établir une moyenne de 9,95 pour l'humidite ab

solue, avec un maximum moyen annuel de mm 21,35 et un minimum de 2,24 Egalement pour l'etat hygrometrique, la valeur moyenne calculée jusqu'a present est a Naples 68,25, avec une excursion periodique annuelle de 9,52 entre le mois de novembre qui est le plus humide (72,75) et le mois d août qui est le plus sec (63,23)

Le maximum annuel atteint en moyenne 98,53 et le minimum 26,13, d'ou une excursion aperiodique de 72,40

D'après les releves de mes observations meteorologiques a Capri pendant une periode de 35 ans, la moyenne de l'humidite relative est de 69,1, avec une amplitude de 58 entre le maximum moyen (92) et le minimum moyen (34) C'est pour cela que j ai considere l'Ile de Capri comme un climat intermediaire, au point de vue hygrometrique, entre les climats moderement humides et les climats moderement secs de la classification de *Hermann Weber*

En conclusion, l'analyse comparative de l'allure des elements hygrometriques dans les trois zones du golfe de Naples ne permet pas de relever des differences importantes entre les limites de leurs oscillations moyennes

Precipitations atmospheriques Le regime pluviometrique varie sensiblement dans les trois zones du golfe de Naples La quantite totale de pluie annuelle est moindre dans la zone calcaire (819 mm) que dans les zones volcaniques, ou les valeurs correspondent a 885 mm pour la R phlegreenne, et a 911 mm pour la R vesuvienne

Pour la ville de Naples l Ing Passaro a fixe une moyenne de 836 mm 97 dont les ⅔ environ tombent en automne et en hiver le reste est partagé entre le printemps pour ⅓ (22 2%) et l ete pour moins qu un troisième (9 6%) Par rapport au nombre des jours pluvieux on remarque l analogie entre les deux zones volcaniques et la différence remarquable entre la region calcaire avec une moyenne de 63 et les régions volcaniques avec les valeurs respectives de 91 et 93 Pour la ville de Naples en particulier les observations pluviometriques de 70 annees recueillies à Capodimonte nous permettent de fixer une moyenne de 116 jours pluvieux La difference est très remarquable entre Naples et Capri ou j ai calculé une moyenne de 65 jours pluvieux

Grele Neige Brouillards Le regime de ces trois precipitations constitue un nouveau document favorable, et contribue a la salubrite du climat napolitain Dans la ville de Naples la moyenne des jours avec grêle est de 6,29 et celle des jours avec neige seulement 1,19 Très rares sont les brouillards, a tel point qu'on neglige de les rapporter dans les observations météorologiques

Anemologie La discussion des observations recueillies dans les stations plus typiques des trois zones du golfe permet de conclure au sujet du régime des vents, que

A *Naples* les vents dominants sont le *libeccio* (SO) qui souffle en moyenne 74 jours par an, et le *Ponente* (O) 60 jours tandis que le *Greco* (NE) y souffle en moyenne 56 jours et le *Scirocco* (SE) 24 jours dans toute l année En général les vents du 1er quartier dominent pendant les mois de Novembre Decembre Janvier et Fevrier

A *Torre del Greco* (représentant climatique de la zone Vesuvienne) le vent dominant en hiver est le *levante* (E) avec 62 jours en printemps

c est le *Ponente* (O) qui domine avec 79 jours et en ete le Ponente (O et NO) avec 127 jours en automne le SE et le O a parite de frequence (55)

A *Pozzuoli* representant de la zone phlegreenne c est le NE qui domine en hiver avec 96 jours en printemps le SO avec 101 et le meme vent garde sa plus forte frequence (110) en ete tandis qu il diminue en automne sans etre surpasse par le NE qui souffle avec une frequence de 73 jours

Enfin dans l Ile de Capri representant de la zone calcaire d apres mes observations de 35 annees le vent dominant en hiver est le *levante* (E) qui y souffle pendant 68 jours en printemps l E et le N dominent avec parite de frequence tandis qu en ete le NO (Maestrale) soufflant avec une frequence de 55 jours tempere et rafraichit l atmosphere et en automne on observe un retour de plus forte fréquence de l Est avec contrecoup de vents du Nord

Evaporation En discutant les observations recueillies a Capo dimonte (obs astronomique) et celles de Capri, on peut déduire que dans le golfe de Naples l'evaporation annuelle atteint, en moyenne 767—768 mm

Pression atmospherique Les releves d'une longue serie d obser vations autorisent a fixer pour Naples et les contrées littoraneennes du Golfe une moyenne de 761,4, avec une variation annuelle de mm 5,46, tandis que dans la zone insulaire et precisément a Capri cette moyenne est de 735 mm a 300 m au dessus du niveau de la mer, avec un maximum moyen de mm et un minimum de 722 mm 3 Sous le rapport climato hygienique il est digne de remarque que la regularité et la grande étendue des oscillations sont encore plus pro noncees au bord de la mer que dans les stations interieures de la contree parthenopeenne

Nebulosite La serenité du ciel est un caractère important du climat napolitain A Naples on peut compter sur 82,79 jours sereins c'est a-dire le 22,74%, sur 73,50 jours couverts (20%) et 208,64 demi nuageux (57,26%) A Capri pendant les 35 annees sus indi quees, j'ai calculé les moyennes suivantes jours sereins 176, demi nuageux 125, couverts 64, pluvieux 65

Electricite atmospherique Radioactivite du sol et de l air Je regrette de ne pas pouvoir vous presenter ici des résultats d'obser vations entreprises dans les stations du golfe de Naples pour les mesures de la difference du potentiel, de la conductibilite electrique, et de l'intensite du courant electrique vertical atmospherique valeurs d'une extrême importance, mais qu on détermine en peu d'endroits en traçant les courbes correspondantes journalieres et annuelles

Au sujet de mes observations personnelles mentionnées tout a-l'heure sur la déperdition électrique de l'air a Capri, j'ai l'honneur de vous presenter quelques exemplaires de ma communication au VIIIme Congrès International d'Hydrologie et Climatologie de Venise ainsi que de toutes les 348 mesures détaillees, faites a Capri, et publiees en Allemagne

Luminosite Climat photochimique Il est tres important et tres satisfaisant de constater aujourd'hui que les experiences se multiplient

dans l'Ancien et dans le Nouveau monde pour ce qui regarde l'analyse de la radiation solaire, les mesures de la quantite et de l'intensite des divers rayons corpusculaires et ondulatoires ainsi que de la duree de l'insolation variable dans les differents endroits de la montagne, de la mer et de la plaine Une premiere serie d'etudes nous a deja demontre l'enorme importance et utilite du facteur lumineux par rapport a l'hygiene et a la climato-physiotherapie

J'ai commence en octobre 1923 une serie d'observations photometriques a l'aide d'un photometre d *Eder (photometre a coin gris d Eder Hecht)* fourni par M le Prof *Dorno* qui, avec sa haute competence, pourra vous renseigner plus exactement sur les resultats constates jusqu'a present

Par rapport a la duree de l insolation j appelle l'attention sur la grande valeur de cet element climatique sur le littoral thyrrhenique et, en particulier, sur le golfe de Naples Le petit nombre d'observations recueillies jusqu'ici ne permet pas des conclusions comparatives

A Valle di Pompei on a trouve en moyenne 41, qui represente le coefficient d'insolation ou rapport $\square \left(\frac{A}{B}\right)$ entre insolation effective et insolation théorique

Pour Capri, pendant une periode de 10 ans j'ai calcule une durée d insolation moyenne annuelle de 60

Purete de l air Grace a l'action epuratrice de l'atmosphère maritime, a la ventilation energique et surtout a la grande luminosite, le golfe de Naples offre les conditions favorables pour realiser cette purete de l'air, qui joue un des rôles les plus importants dans les effets physio therapeutiques du climat Evidemment la composition organico vitale de l air varie dans les divers endroits, soit au bord de la mer, soit dans les stations de colline ou montagne, suivant l orientation, la configuration et la structure geologique du sol et d'autres circonstances locales

J'ai entrepris des recherches a Capri sur les quantites de poussiere et sur la bacteriologie de l'air, avec des resultats très concluants, dont j'ai donne les details dans mes publications anterieures au VII Congrès International d Hydrologie de Venise et au dernier Congrès International de Thalassotherapie de Venise Le Dr *Biondi* a publie aussi, il y a quelques années, les résultats de ses observations et analyses de l'air en trois endroits différents de la contrée parthénopéenne a savoir Capodimonte, Pausilipe, Torre del Greco Je ne m'étendrai pas plus longuement sur ce sujet

Action biologique

La dissociation de la formule climatique marine dans les élements constitutifs que nous venons de decrire tres rapidement pour le golfe de Naples, et l'evaluation des effets physiologiques correspondants a chacun de ces éléments nous permettent de les distinguer en deux groupes principaux le groupe des facteurs *excitants ou stimulants* tels que le vent, la lumière, l'ozone, les substances salines en suspen

sion, l'agitation de la mer — et celui des facteurs *sédatifs* tels que l'uniformité thermo-hygrométrique relative, la plus grande régularité et étendue des oscillations barométriques et certaines radiations

Au fond l'action biologique du climat est une action complexe globale, qui doit être envisagée comme la résultante des effets particuliers produits par les divers éléments du sol et de l'air sur nos fonctions vitales, la respiration, la circulation, la digestion et l'assimilation, l'activité cutanée, l'énergie musculaire, ainsi que sur le système endocrinique et sur les centres nerveux réagissant différemment selon les stimulations qui leur proviennent de la périphérie

Nous ne pouvons que retenir, au point de vue physio thérapeutique, la conception du climat donnée par le célèbre hygiéniste Mr de *Fonssagrives* qui le compare à un médicament composé, à action dynamique puissante Par conséquent le climat réclame sa posologie, et cette posologie est applicable seulement là où les conditions topographiques locales modifient plus ou moins sensiblement la formule climatique régionale, en modérant ou en intensifiant les effets de tel élément, qu'il soit excitant ou sédatif

Le golfe de Naples offre justement un exemple tout-à-fait démonstratif de ce que je viens d'exposer Sur une étendue relativement très restreinte, il présente, soit dans la région maritime basse (au niveau de la mer), soit dans la zône en colline, toute une *gamme climatique* qui se prête à des applications particulières correspondant aux indications rationnelles suggérées par l'entité morbide et les réactions organiques individuelles

Je regrette de ne pouvoir vous présenter une statistique riche d'observations recueillies dans le golfe de Naples *avec unité de méthode raisonnée au point de vue de la climato-physiologie*

Nous ne possédons jusqu'à ce moment que des études et des observations isolées Et permettez moi, à ce propos, de mentionner tout simplement quelques observations personnelles au sujet du climat de Capri, qui est le représentant typique du climat marin napolitain pur

En général nous pouvons compter chez nous, dans le golfe de Naples, sur des valeurs d'écart thermique assez modérées, ce qui aide et soutient la mission fondamentale de l'organisme, de maintenir constante sa température sensible *(Hann)* qui est intimément liée à l'humidité atmosphérique, car le *froid physiologique* n'est pas toujours en rapport avec le *froid thermométrique*

Même au point de vue de l'humidité, contrôlée dans ses trois éléments la tension de la vapeur, l'humidité relative et le déficit de saturation, qui a plus d'importance en climatologie, les conditions hygrométriques du golfe de Naples peuvent être considérées comme favorables, lorsque ces valeurs sont mises en rapport avec la température Et, à ce même propos, il devient absolument nécessaire, pour les finalités de la climatologie spécifiquement médicale, que ces valeurs hygrométriques soient considérées en relation avec la température du

corps humain. C'est ainsi que l'on calcule l'humidité physiologique (degré d'humidité de l'air rapporté à la température de 37° C.) et le déficit de saturation physiologique (différence entre l'humidité actuelle et l'humidité maximum admissible). Combien j'aimerais vous présenter, en ce moment, des séries d'observations regardant la «valeur de refroidissement», quantité que M. le Prof. *Dorno* considère justement comme *dynamique* en climatologie médicale vis-à-vis de la grandeur *statique* ainsi qu'il appelle la température en rapport à la climatologie universelle [1]. Que j'aimerais vous montrer les résultats de mesures pratiquées avec le Katathermomètre de *Leonhard Hill* à l'état sec ainsi qu'à l'état humide ou avec le *Davoser Frigorimeter* le nouvel instrument inventé par Mess. *Dorno* et *Thilenius* pour l'enregistrement des valeurs de refroidissement physiologique.

Certes, la manière d'étudier et contrôler le climat local suivant les postulats établis par Mr. le Prof. *Dorno* pour une représentation synthétique appropriée de la climatologie médicale, est énormément intéressante et fort rationnelle.

Pour revenir à la valeur de refroidissement il est évident que, pour sa détermination, à côté de l'humidité, il faut tenir compte d'autres facteurs climatiques, c'est-à-dire du vent, qui vient en première ligne et de la radiation solaire et terrestre qui causent des différences très sensibles entre le climat de montagne et celui de plaine. Parmi les vents qui, dans le golfe de Naples éprouvent au degré maximum la sensibilité de la peau au froid, nous rappelons le Maestrale (NO), vent tout-à-fait défavorable dans la saison hivernale, tandis qu'il exerce une action très propice et bienfaisante en été, en tempérant la chaleur du milieu de la journée.

Maintenant, par rapport à mes observations personnelles en différents cas cliniques à fond de ralentissement de la nutrition (obèses, lymphatiques, anémiques, diabétiques) j'ai pu constater, soit par les résultats d'analyses successives des urines pratiquées dans les principaux laboratoires de Naples, soit par les changements observés dans les malades et les modifications de leurs principales fonctions plus ou moins altérées, que l'action exercée par le climat est foncièrement et décidément stimulante, *action accélératrice* de la nutrition et du métabolisme organique, *action reminéralisatrice*. Cette action se révélait cliniquement par l'augmentation d'activité des fonctions languissantes, de la digestion, de l'assimilation, de l'énergie musculaire et psychique, par l'augmentation du nombre des globules rouges du sang et du taux d'hémoglobine, associé à une leucocytose remarquable, tandis que pour ce qui regarde les symptômes urinaires, l'on constatait l'accroissement des oxydations, l'élimination plus intensive de l'urée, la diminution de l'acide urique, l'augmentation de l'acidité urinaire, l'augmentation du rapport entre l'azote uréique et l'azote total, entre l'acide phosphorique combiné aux bases et l'acide phosphorique total

[1]) *C. Dorno*, Généralités sur la Météorologie et la Climatologie 1924.

Parallèlement au réveil des fonctions vitales languissantes il se produisait dans les cas observés une suractivation de la diurèse et de la transpiration cutanée. Mais le symptôme qui par rapport soit au climat soit aux bains de mer doit être envisagé comme un effet final démonstratif irréfutable de l'action tonique dynamogène et accélératrice des échanges généraux, est l'augmentation du poids du corps. Je dois ajouter à propos de mes observations que dans la majorité des cas les effets provoqués par un séjour de 2 à 3 mois chez les nouveaux arrivés, c'est-à-dire l'augmentation du poids et les modifications chimiques urinaires persistaient presque constamment après la cure et le retour des malades chez eux.

J'ai suivi chez des personnes affectées de névroses fonctionnelles le mode de réaction individuelle par rapport à la circulation, à la respiration et à l'excitabilité nerveuse, aussitôt après leur arrivée pendant la période d'acclimatation et, plus tard, pendant leur séjour plus ou moins prolongé dans l'île, suivant les vicissitudes atmosphériques *et j'ai remarqué les grandes différences qui accompagnent les changements de direction des vents et de l'état du ciel serein ou nuageux*. Les symptômes plus frappants sont ceux qui se vérifient pendant les jours où prédominent les vents du quartier méridional et particulièrement le Sirocco. Accroissement de fréquence et irrégularité de l'action cardiaque, accélération des mouvements respiratoires jusqu'à réaliser un état asthmatique, insomnie, sensation d'énorme fatigue musculaire, de lassitude générale, dépression psychique se révélant par l'abaissement de toutes les facultés cérébrales, tels les effets de ce vent qui heureusement dans le golfe de Naples ne souffle pas avec une extrême fréquence (21 fois en moyenne par an).

Dans ma pratique d'été j'ai eu maintes fois l'occasion de contrôler l'action du bain atmosphérique et du bain de soleil parmi les clients qui viennent retremper leur corps et leur esprit sur nos belles plages. Et j'ai pu confirmer, dans une série de cas, les intéressantes observations du Dr *D Oelsnitz* au sujet des effets immédiats et consécutifs étudiés en types différents de réaction individuelle qui ont amené ce renommé héliothérapeute à les grouper sous diverses formules, telles que la formule *initiale* ou de *flottement*, formule d'*équilibre* ou d'*adaptation*, formule *inverse* ou d'*inadaptation* et formule de *déséquilibre* ou d'*intolérance*. Dans les cas que j'ai pu suivre, j'ai constaté une prédominance des types de réaction primitivement normale ou précédés par une formule initiale modérée, plus rarement j'ai observé les caractères correspondant à la formule d'inadaptation ou d'intolérance.

Les mesures de la pression artérielle pratiquées dans les mêmes cas avec un sphygmomanomètre *Angelini Pacini* m'ont fait constater de l'hypertension à la suite du bain de soleil froid, c'est-à-dire à la température du corps, tandis que le bain de soleil chaud produit d'ordinaire une action hypotensive.

Je voudrais appeler l'attention de MM. les Congressistes sur l'action profondément modifiante exercée par le climat marin sur notre système endocrinique. C'est le Dr *Doche* qui justement a remarqué des traits de ressemblance d'analogie, entre l'action du climat marin sur les fonctions principales de l'organisme humain et l'action trophique de la glande thyroïde. Surtout l'influence du traitement thyroïdien sur le développement du squelette est analogue à l'accroissement assez rapide de la stature qui chez les jeunes gens soumis à la cure marine atteint en moyenne, les 3 centimètres tous les deux mois. Pour ce qui regarde le poids du corps, l'analogie indiquée se relève dans la diminution transitoire constatée au commencement de la cure comme dans la période initiale de la cure marine. A la diminution initiale du poids du corps succède dans les deux cas un accroissement de poids, à moins qu'un état d'éréthisme de faiblesse irritable ressentant d'une façon exagérée l'action d'un climat marin trop excitant ne provoque un effet opposé, c'est-à-dire un amaigrissement progressif et durable tel qu'il suit une cure intensive thyroïdienne.

En troisième lieu la fonction *orexogène* du corps est stimulée par la mer comme par le traitement opothérapeutique thyroïdien. En effet le climat maritime excite l'appétit et les fonctions digestives de l'enfant jusqu'à la voracité en favorisant de la sorte l'augmentation du poids du corps.

Le système pileux même qui est un réactif de la fonction thyroïdienne subit l'influence bienfaisante de la mer et en vérité il m'est arrivé souvent d'observer que des enfants qui avaient commencé la cure de la plage ayant des cheveux mal nourris effilés, secs et très peu abondants ont fini après une période de traitement suffisante, par présenter une chevelure souple beaucoup plus abondante. Les ongles qui chez les enfants mal nourris arthritiques ou lymphatiques, ont souvent un aspect rugueux inégal et sec deviennent plus luisants et souples sous l'influence du climat marin, comme sous celle de l'opothérapie thyroïdienne. Et les dents aussi se ressentent de l'action du climat maritime. En effet les sujets *hypo*thyroïdiens qui montrent des signes d'arthritisme dentaire (gencives rouges boursouflées, saignantes avec dépôt calcaire prononcé qui ronge les gencives et fait tomber les dents) présentent souvent à la mer des crises aiguës douloureuses de gencivite expulsive avec perte des nouvelles dents. Ce sont de véritables crises *d'hyper*thyroïdisme réactif à un état d'*hypo*thyroïdisme *habituel* et de telles crises seraient provoquées par le climat marin.

Influences géo-psychiques. Mais à part tous les éléments que nous venons d'analyser pour le golfe de Naples, il faut tenir compte d'un autre facteur jouant un grand rôle dans l'action physiothérapique du climat, et plutôt négligé dans la somme des influences contribuant puissamment au résultat final de tout traitement climatique. Je veux dire la beauté pittoresque et séduisante du paysage, dont les médecins exerçants sur les plages riantes et ensoleillées de la Méditerranée ont

en general, l'opportunité de constater les effets (parfois frappants), sur la grande masse des faibles, des neviopathes, des fatigués des surmenés qui donnent un contingent fort important aux statistiques climato thalassothérapiques Je suis bien persuadé qu'une partie des effets physio thérapiques que j'ai pu constater dans un bon nombre de neurasthéniques, de déprimés, d'hypocondriaques, d'épuisés, traités chez nous doit être rapporté aux influences géo psychiques à l'harmonie des éléments extérieurs, à la nature enchanteresse du paysage considéré dans l'aspect dans la configuration dans les lignes et dans les couleurs des rochers, dans le vert de la végétation, avec ses merveilleuses nuances, dans l'azur de la mer et du ciel

Thalassothérapie sur le littoral thyrrénique

La grande valeur thalassothérapique de notre littoral est intimement liée à l'association heureuse du facteur climatique, tel que je viens rapidement de le décrire, avec l'élément hydrique, l'eau de mer, possédant à son tour, des avantages complexes et extraordinaires On peut résumer ainsi les caractères tout à fait précieux du bain dans les mers du Sud

1° Haut degré de minéralisation des eaux avec un résidu fixe de 46,38, contre de 11 dans la Baltique, 31 05 dans la Mer du Nord et 33 50 dans l'Atlantique

2° Température modérée qui déjà pendant le mois de mai atteint 18° C, au lieu de 9° 7 de la Mer du Nord et 10° 2 de la Baltique D'après les observations de *Leichtenstern* les moyennes estivales dans les diverses mers sont les suivantes Baltique 15° 17° — Mer du Nord 16° 18 — Atlantique 20° 23° — Méditerranée 22° 27°

Dans le golfe de Naples la température de la mer est en hiver de 14° C, tant à la surface que dans les couches du fond En plein été la température atteint les 27° — En moyenne de juin à octobre, elle est de 20° C — Pendant le mois de juin l'air est plus chaud que l'eau de mer, au mois d'août l'eau et l'air superposé gardent sensiblement le même degré de température

Il est donc possible dans le golfe de Naples, comme en d'autres stations du littoral thyrrénique de réaliser deux conditions très favorables pour les baigneurs, à savoir 1° de prolonger la durée du bain et d'y associer le bain atmosphérique, d'air, de soleil et de lumière avec l'alternative et la technique réclamées par les conditions individuelles des baigneurs, 2° de pouvoir prolonger — ce qui est très avantageux — la saison de bains du commencement de mai jusqu'à la moitié d'octobre

Ambiant biologique Indications et contre indications climathérapiques

Avant d'examiner brièvement les indications principales de la Thalassothérapie climatique et balnéaire dans le golfe de Naples, je tiens tout simplement et particulièrement à faire considérer que l'am

biant biologique se révélant dans l'étude ethnique et dans les statistiques sanitaires, confirme tout à fait les déductions qui découlent de l'analyse du milieu physico chimique dans ses éléments multiples

Il est très réconfortant de constater aujourd'hui que depuis l'époque où les conditions hygiéniques de la ville de Naples se sont considérablement améliorées sous tous les rapports (eau potable égouts propreté publique) la mortalité générale a progressivement diminué En vérité elle atteignait bien les 35 1 p 1000 en 1874 pour descendre en 1906 à 21 6 en 1908 à 19 en 1910 à 18 5 et en 1912 à 16 7 — Même la mortalité spécifique par maladies infectieuses reste à Naples au dessous des données indiquées pour les villes principales de l'Europe Pendant la période 1900 jusqu'à 1909 la moyenne des maladies infectieuses calculée par 10 000 habitants a été de 11 6 à Londres 11 3 à Budapest 10 3 à Rome 9 9 à Trieste 8 9 à Milan 9 2 à Nice 7 7 à Berlin 7 5 à Munich et de 5 7 à Naples vis à vis de 28 0 à St Petersbourg La mortalité par tuberculose pulmonaire est de 39 1 p 10 000 hab à Paris de 38 1 à Trieste 35 3 à Budapest 26 1 à Vienne 24 9 à Nice 23 8 à Gênes 21 9 à Berlin 26 6 à Turin 19 1 à Venise 18 5 à Bruxelles et seulement de 15 à Naples

J'ai calculé pour l'Ile de Capri une mortalité générale de 15 6 et j'ai résumé en tracés graphiques les résultats de 30 ans d'observation pour étudier l'influence des saisons et des mois sur la mortalité générale Les courbes des facteurs climatiques sont ainsi comparées à celles de la morbidité et de la mortalité

Climat de montagne et climat marin — Bien sûr, malgré leur antagonisme apparent, la mer et la montagne présentent des traits communs tels que la pureté de l'atmosphère, la grande luminosité, le haut contenu en ozone, qui président à leur action fondamentale essentiellement tonique et stimulante

A côté de ces facteurs communs les deux climats extrêmes montrent des traits distinctifs tels que — (pour la haute montagne) — la basse pression atmosphérique la raréfaction de l'air le froid et la neige la sécheresse l'irradiation nocturne puissante l'absence de vent dans les hautes vallées abritées l'uniformité remarquable de la radiation et des éléments de l'électricité atmosphérique tandis que pour la mer ces traits se résument dans un maximum de pression et de densité de l'air et partant dans la plus forte oxygénation sous le même volume dans l'uniformité relative thermo hygrométrique dans une ventilation très énergique dans des conditions électriques spéciales de l'atmosphère dans la grande abondance de rayons chimiques bleus et surtout violets et ultra violets dans la présence de substances salines et iodo bromurées en suspension

Il est hors de contestation qu'en considérant l'action biologique des susdits agents physico chimiques le climat marin présente un champ très vaste d'application physio thérapeutique par rapport aux différentes catégories de maladies chroniques organiques ou fonctionnelles qui peuvent bénéficier du traitement climatique à condition qu'on se rende compte exactement dans chaque cas clinique, de l'*individualité morbide* surtout au point de vue de la cure climatique de la tuberculose et de la phtisie pulmonaire Et d'ailleurs l'action bienfaisante préservatrice et profondément modifiante de la mer dans les tuberculoses chirurgicales est universellement reconnue

Eu égard aux caractères fort précieux du climat d'altitude et à ses effets biologiques se résumant dans le mot *hyperfonction* c à d dans l'hyperactivité de toutes les fonctions vitales dans la normalisation des fonctions endocriniques altérées et dans l'accélération des échanges généraux et respiratoires ce climat est formellement indiqué dans tous les états pathologiques caractérisés par le ralentissement ou l'hypoactivité d'un

ou de plusieurs systèmes organiques. En un mot le climat de montagne se prête merveilleusement à réaliser des modifications profondes radicales de l'organisme entier, d'où sa vaste et prépondérante application dans tous les états de déchéance (anémies, asthénies) compris sous la dénomination d'hypotrophie générale constitutionnelle de misère physiologique qui prédispose aux infections bacillaires spécifiques dans les formes initiales de la tuberculose pulmonaire (d'origine pleurétique ou pulmonaire) et particulièrement dans les formes inactives torpides de la bacillose et même dans les formes subaigues compliquées par association microbique — sans oublier que *conditio sine qua non* pour espérer dans les résultats favorables de la cure est la *capacité de réaction* ou pour mieux dire d'*adaptation individuelle*.

Et maintenant un coup d'oeil final au sujet des indications et contre indications de la climato-thalassothérapie dans le golfe de Naples.

1° Premièrement toutes les reconvalescences de maladies aigues plus ou moins graves, tous les états de déchéance organique constitutionnelle à étiologie différente, toutes les anémies et particulièrement celles que caractérisent le ralentissement et l'insuffisance des oxydations, les anémies plasmatiques par déminéralisation, la cachexie paludéenne, la scrofule, le rachitisme, la sénilité prématurée trouvent dans le golfe de Naples un milieu tout à fait favorable et bienfaisant dont l'école médicale napolitaine, sur la base ancienne et moderne de l'expérience clinique, offre un témoignage incontestable.

2° Les périodes extrêmes de la vie humaine, l'enfance et la vieillesse, bénéficient d'une façon prodigieuse du climat de nos plages, climat qui offre des conditions très propices pour le développement du corps chez l'enfant, pour l'activité de l'hématose, du système musculaire, pour la modification profonde de l'ambiant intra organique, telle à conjurer l'influence de tares héréditaires, tels à rehausser les pouvoirs de défense contre les agents morbides, climat qui, contre l'opinion de certaines écoles médicales, peut rendre de grands services à la vieillesse.

3° Les dystrophies constitutionnelles, à fond de ralentissement de la nutrition, telles que le lymphatisme arthritique, l'obésité, le diabète, le rhumatisme chronique et la goutte rencontrent dans le climat du golfe et particulièrement dans la zone littorale et insulaire (Capri et Ischia), un milieu très adapté et efficace pour la stimulation des échanges généraux torpides, pour tonifier le coeur et les centres nerveux, pour accélérer la fonction des émonctoires organiques et favoriser de la sorte la désintoxication du sang et des tissus, l'élimination de la graisse surabondante et l'utilisation du sucre chez les glycosuriques.

4° Les hydropisies chroniques liées à l'hydrémie ou à des maladies chroniques du foie, du coeur et des reins (brightisme) bénéficient énormément du climat volcanique chaud et sec tonistimulant des stations au pied du Vésuve (Resina, Pugliano, Torre del Greco, Somma Vesuviana etc.) ainsi qu'il est démontré par l'expérience clinique journalière.

5° Les cardiopathies organiques (lésions valvulaires) trouvent en plusieurs stations, surtout dans celles à climat marin mitigé marin forestier (collines de Castellammare, de Vico Equense de Sorrente et Massa de Capri et Ischia) un ambiant climatique cardiotonique, capable de soutenir en rehaussant la digestion, l'assimilation et l'énergie nerveuse, cette tendance physiologique à la compensation que le médecin est appelé à surveiller constamment dans la thérapie de ces affections

Les cardiopathies artérielles présentent de plus fortes difficultés dans l'application du climat en général et on ne peut à cet égard, que reconnaître les principes établis par le Prof *Huchard* c'est à dire que le séjour tout à fait au bord de la mer peut être dangereux et qu'il faut choisir même en climat maritime, des endroits adaptés, éloignés de la plage Ainsi les installations sur collines dans le golfe de Naples offrent, en cas pareils des indications favorables

Aux contre indications de la climatothérapie marine dans les maladies de l'appareil circulatoire appartiennent la tachicardie paroxystique l'aortite et la dilatation de l'aorte l'anévrisme l'angine de poitrine coronaire et en général les états d'hypersystolie ou d'erethisme cardiaque chez les pseudo cardiaques (cardiodyspeptiques purs et cardiodyspeptiques neurasthéniques)

6° Les formes humides franchement catarrhales de la bronchite chronique (type torpide atonique) bénéficient du climat sec des stations volcaniques Vésuviennes, ainsi que de la sous région phlégréenne à climat également doux et sec qui permet de vivre en plein air, de se fortifier et de s'aguerrir afin d'éviter les rechutes si fréquentes et faciles de ces affections

Les formes sèches de la bronchite chronique caractérisées par une sécrétion épaisse, visqueuse et peu abondante, et par un état irritable et spasmodique des bronches (crise asthmatique), peuvent tirer de réels avantages du climat plus sédatif de plaine ou des collines plus ou moins éloignées de la mer

Les opinions sont contradictoires au sujet de la cure marine de l'asthme En vérité plus que l'asthme des adultes, c'est l'asthme des enfants qui peut souvent tirer des avantages du séjour maritime, à condition qu'on surveille bien les petits malades en leur évitant toute cause de fatigue excessive et d'excitation anormale

7° La scrofule classique, la tuberculose chirurgicale (cutanée, ganglionnaire osseuse articulaire séreuse) trouvent chez nous, sur les bords de la mer une application très vaste et importante Nous possédons en Italie une série fort nombreuse d'hospices et de sanatoires maritimes Les statistiques plaident en faveur de l'action bienfaisante de la mer chez nous comme ailleurs Et les plages du golfe de Naples redonnent chaque année à la famille et à la Patrie des enfants guéris ou transformés et retournés des armes de défense et résistance physiologique

8° Tous les etats morbides compris sous l ancienne denomination de pretuberculose, a savoir la misere physiologique causee par le longues maladies epuisantes ou par surmenage avec defaut de nutrition les maladies tuberculigènes telles que la coqueluche, la rougeole chez l enfant la grippe la typhoide, certaines dyspepsies etc les reliquats pleuro pulmonaires secondaires a infection diplococcique ou grippale fournissent dans le golfe de Naples un contingent assez important a la statistique des guerisons et des ameliorations des affections chroniques justifiables du climat maritime mediterraneen

Quant a la tuberculose pulmonaire, eu egard au principe que les tuberculeux, suivant les justes considerations des Messieurs *Robin* et *Binet* sont des consommes, avant d etre des infectes, c'est-a dire qu'il y a chez eux une exagération des echanges respiratoires, on devrait rationnellement interdire le climat marin qui accelere les oxydations et la desassimilation organique Mais nous savons bien que Mr *Robin* dans son rapport magistral au Congrès Int d'Hydrologie et de Climatologie de Biarritz, n'a pas donne une valeur absolue a cette formule climatotherapique En effet, cette formule ne peut que subir des variantes suivant les conditions climatiques locales (climat marin mitige) et suivant l individualite morbide par rapport a l'age, au terrain a l'écart du bilan nutritif et des echanges respiratoires Voici l element qui doit etre exactement analyse et consideré, pour que l indication therapeutique qui en resulte soit en grande partie justifiee — Bref en tenant compte de l action physiologique de notre climat et des resultats d'une longue experience clinique nous conseillons aux tuberculeux erethiques, avec tendance a une marche rapide de la maladie d'aller sejourner assez loin de la mer, en plaine ou en colline, tandis qu aux tuberculeux pulmonaires a type franchement torpide, on permet le sejour dans quelques unes de nos stations au bord de la mer, a condition d y suivre un regime hygiénique et diététique approprie au cas particulier, et de se soumettre a toutes les prescriptions qui regardent le dosage et qui constituent, en un mot, la technique du traitement

9° C'est surtout le climat de la region volcanique active (climat mixte volcanique marin) qui, par la thermalite et la sécheresse du sol, est tout a fait adapte aux affections chroniques des reins Même a Capri je puis enregistrer tout un groupe de Brightiques à marche essentiellement torpide, qui bénéficierent du séjour de l'ile, par la diminution progressive de l'albuminurie et des autres symptômes urinaires, et par l'amélioration persistante de l'etat general

10° Le golfe de Naples en genéral offre un champ d application assez vaste pour le traitement climatique des affections nerveuses chroniques

Les nevropathes organiques peuvent beneficier du golfe par son action fondamenale toni vivifiante activant les echanges nerveux et ré haussant la nutrition générale Le choix de la station ne peut tomber que sur les localites plus ou moins abritees et a climat relativement plus doux et uniforme — Bien sur ce sont les nevropathes fonctionnels qui

donnent le plus fort contingent à l'observation clinique Premièrement les neurasthénies professionnelles par surmenage et les neurasthénies toxiques secondaires aux maladies infectieuses aigues telles que l'influenza la typhoïde ou liées aux infections chroniques (malaria syphilis al coolisme morphinisme etc) ressentent les bienfaits d'un sejour plus ou moins prolonge sur le golfe de Naples Entre ce groupe de cas et celui des neurasthenies graves qui peuvent etre modifiees favorablement ou aggravees selon les conditions du malade et l'endroit choisi il y a toute une serie de cas de moyenne gravite chez lesquels les issues du traitement climatique varient naturellement aussi suivant la constitution des malades leurs prédispositions hereditaires l'etat trophique general et l'excitabilite des sujets

En un mot, on peut affirmer que les neurasthenies a forme fran chement depressive (psycasthenie, épuisement nerveux general) res sentent l'action tonique bienfaisante de la zone maritime proprement dite, tandis que les formes erethiques, que caracterisent un etat de surexcitabilite plus ou moins prononcee, sont favorablement influen cees par les stations a climat maritime mitige En effet quelques con trees des environs de Naples, telles que Capodimonte, Scudillo, Camal doli Capodichino S Giorgio a Cremano, sont deja renommees a cause de leur climat local tout a fait indique dans les affections nerveuses a fond erethique

Quant aux nevroses, telles que la maladie de *Basedow* ou *Flajani* on ne peut pas nier qu'il y a des cas, qui justifient le sejour mari time attenue sous une latitude favorable en localites plutôt abritees D'un autre côte tout medecin exercant au bord de la mer a eu main tes fois l'occasion de rencontrer des cas, ou le malade subit des récru descences plus ou moins accentuees, qui se traduisent dans un en semble de symptômes assez graves tant dans la sphère circulatoire que dans la sphere nerveuse auxquels on a donne justement le nom de *base dowisme marin* On doit admettre dans ces cas la que le climat ma rin, moyennant ses facteurs excitants qui agissent sur la peripherie nerveuse apporte des stimulations qui se transmettent a la substance corticale, d'ou la manifestation de la syndrome clinique sus indiquee

11° Maladies gynécologiques Chacun des facteurs de la Thalasso therapie inhalation d'air marin, bain ordinaire plus ou moins pro longe, bain de soleil gymnothérapie (natation, etc), doit repondre avec ses differentes modalites aux conditions speciales et aux exigen ces des malades

Bien sur, comme l'a dit feu Prof *Bossi* de Genes, une plage est d'autant plus apte a la thalassotherapie gynecologique que son cli mat est doux et constant que le vent y souffle modéremment que la temperature de l'eau y est elevee, que la salinité de l'eau atteint un assez haut degre et que l'eau est calme Ce sont des conditions réali sables seulement dans les mers du Sud, comme chez nous, dans le golfe de Naples d'ou les indications rationnelles 1° dans les lesions inflam matoires et fonctionnelles de l'uterus, dans la subinvolution uterine post puerpérale dans les metrites chroniques hyperplastiques, — 2° dans les ovarites et ovaro salpyngites chroniques, — 3° dans la pel

vicellulite, paramétrite et périmétrite chroniques dans les résidus d'hématocèle — 4° dans les aménorrhées, les ménorrhagies et métrorrhagies de douteuse origine et résistant aux traitements ordinaires — 5° et, d'après *Kurz* dans les névropathies secondaires aux maladies gynécologiques, dans les convalescences post-opératoires, dans les anomalies menstruelles, dans les déplacements de la matrice, dans les miomes et à l'âge critique.

Résumé

I. Les mers méridionales de l'Europe et précisément la Méditerranée offrent sur leur côtes fertiles et ensoleillées des avantages climatiques constatés par les observations météorologiques et ratifiés par l'expérience médicale au double point de vue climato-physiologique et clinique.

II. Le climat maritime méditerranéen subit sur les différents littoraux et sur les diverses régions de chaque littoral, des variations importantes suivant la latitude, l'orientation, la constitution géologique et les accidents topographiques, ce qui permet de les spécialiser et de les individualiser, après une enquête rigoureuse de tous les facteurs qui intègrent la synthèse climatique locale.

III. Le golfe de Naples, ancienne et très renommée station sanitaire de l'époque Romaine, offre en hydro-climatologie médicale, l'exemple d'un riche et harmonieux ensemble d'éléments naturels d'une efficacité prodigieuse concentrés sur une étendue relativement restreinte. A côté des trésors hydriques thermo-minéraux tels que ceux d'Ischia, Agnano, Bagnoli, Torre Annunziata, à côté des eaux célèbres de Castellammare de Stabia, du Serino etc. le climat napolitain se modifie dans les divers endroits selon la nature et la constitution du sol et de son revêtement, selon la topographie soit au bord de la mer (climat insulaire, péninsulaire et littoréen) soit en colline (climat marin mitigé). On peut par conséquent réaliser sur le golfe de Naples les conditions favorables pour une résidence fixe estivo-hivernale, tant pour les applications crénothérapiques et hydropiniques que pour les cures climatiques.

IV. Aux traits distinctifs généraux de la la zone sub-tropicale méditerranéenne, à savoir la sécheresse estivale prolongée, la pluie automnale et hivernale, la sérénité remarquable du ciel, le golfe de Naples réunit des caractères climatiques précieux qui se résument dans l'uniformité relative thermo-hygrométrique, un régime de vents exerçant une action très favorable sur le climat avec prédominance des vents d'E-NE entre novembre et février et des courants de S et O entre mars et octobre, grande luminosité.

V. Aux variétés géologiques et topographiques sus-indiquées correspondent des modifications de l'action physiologique fondamentale tonivivifiante du climat avec prédominance d'effets tantôt excitants tantôt sédatifs, d'où la possibilité d'applications thérapeutiques nombreuses et d'adaptations spéciales suivant la réaction individuelle

VI. Abstraction faite des privilèges inhérents au climat, le golfe de Naples offre le caractère spécial lié à la beauté extraordinaire et tout à fait suggestive du paysage, ce qui, à parité d'autres conditions, plaide assurément pour le choix du séjour en climatologie médicale.

VII. Synthèse des indications.

1° État de déchéance organique constitutionnelle à étiologie différente.

Reconvalescence de maladies aiguës.

Anémies par insuffisance des oxydations, anémies plasmatiques par déminéralisation.

Cachexie paludéenne. Rachitisme. Sénilité prématurée.

2° Dystrophies constitutionnelles à fond de ralentissement de la nutrition (lymphatisme arthritique, obésité, diabète, rhumatisme chronique, goutte).

3° Hydropisies chroniques liées à l'hydrémie, affections chroniques du foie, du cœur et des reins (brightisme).

4° Cardiopathies organiques (lésions valvulaires) dans leur période de compensation.

Cardiopathies artérielles avec réserve.

5° Bronchite franchement catarrhale chronique à type torpide, atonique.

6° Scrofule classique, tuberculose chirurgicale. Misère physiologique et affections tuberculigènes (grippe, typhoïde, coqueluche), reliquats pleuro-pulmonaires d'infection diplococciques ou grippales.

7° Tuberculose pulmonaire à réaction franchement torpide dans sa période initiale.

8° Affections chroniques des reins à marche essentiellement torpide.

9° Névropathies fonctionnelles, neurasthénies par surmenage et toxiques (malaria, syphilis, alcoolisme, morphinisme ...). Formes franchement dépressives (psycasthénie, épuisement nerveux général).

Névroses. Basedow-Flajani, hystérisme (avec réserve).

10° Maladies gynécologiques, lésions inflammatoires et fonctionnelles de l'utérus, ovarites et ovaro-salpyngites chroniques, périmétrites chroniques, aménorrhées, névropathies secondaires aux maladies gynécologiques, anomalies menstruelles, âge critique.

Contre-indications. Tachycardie paroxystique, aortite et dilatation de l'aorte, anévrismes, angine de poitrine coronaire. États d'hypersystolie et d'éréthisme cardiaque.

Quelques formes d'asthme des adultes.

Tuberculose pulmonaire à réaction éréthique avec tendance aux épisodes congestifs broncho-pulmonaires.

Hypersthénie nerveuse. Surexcitabilité. Formes éréthiques de l'épuisement nerveux.

Verwendung einer biologischen Lichtreaktion zur Wertung der klimatischen Lichtintensität

Von Professor *Sophus Bang* Kopenhagen

— —

Um in der Lichtbiologie überhaupt wissenschaftlich arbeiten zu können, ist es offenbar eine Grundbedingung, das verwendete Licht messen zu können, und zwar den Anteil des Lichtes, welcher von biologischer Bedeutung ist, also die *biologische Lichtintensität*. Wenn man aber die lichtbiologische Literatur in dieser Beziehung untersucht, muß man staunen, wie oft die Versuchsbedingungen gerade in dieser Hinsicht vernachlässigt werden. Die Ursache ist natürlich die, daß es eine ungemein schwierige Aufgabe ist, die biologisch wirksame Lichtintensität zahlenmäßig anzugeben. Die von den Physikern gewöhnlich verwendeten Methoden sind nämlich in biologischer Hinsicht wenig geeignet oder ganz unbrauchbar. In den meisten Fällen verwenden wir ja nämlich kein monochromatisches Licht, sondern eine mehr oder weniger genau definierbare Mischung von leuchtenden, ultravioletten und wärmenden Strahlen, so wie sie nun gerade in unsern natürlichen oder künstlichen Lichtquellen vorhanden sind. Die ganze *Summe* dieser Strahlengattungen können wir zwar genau messen, zum Beispiel durch bolometrische oder ähnliche Methoden, wodurch wir die Summe der in den verschiedenen Strahlengattungen enthaltenen Energiemengen kennen lernen. Dies hilft uns aber wenig in biologischer Beziehung, weil die physiologischen Wirkungen an ganz bestimmte, zum Teil scharf umschriebene Spektralgebiete gebunden sind. Aus demselben Grunde sind die am meisten benutzten photochemischen Methoden nur von relativem Werte. Wenn wir zum Beispiel durch photographisches Papier oder irgend eine andere chemische Reaktion die Lichtintensität bestimmen, so haben wir gewöhnlich absolut keine Gewähr dafür, daß das chemisch wirksame Spektralgebiet identisch mit dem biologisch wirksamen ist, ja nicht einmal dafür, daß Parallelität zwischen ihnen besteht. Jedenfalls so lange als man nicht genau die chemischen Reaktionen kennt, worauf die Lichtwirkung im lebenden Organismus beruht, ist es a priori *unwahrscheinlich*, eine anorganische chemische Reaktion zu finden, die ganz

genau von denselben Strahlengattungen und in genau demselben Mengenverhältnis wie die biologischen Reaktionen ausgelöst wird.

Anders liegt die Sache, falls es möglich ist, irgend *eine biologische Reaktion selbst als Maßstab* für die Lichtintensität zu verwenden. Zwar kann man nicht hoffen, durch eine einzige biologische Reaktion einen Maßstab für sämtliche überhaupt biologisch wirksamen Strahlengattungen zu bekommen — wissen wir doch zum Beispiel, daß die auf die Pflanzen wirkenden Strahlen zum größten Teil ganz andere sind als die auf die Tiere wirkenden. Aber könnte man eine solche Reaktion finden, die *Ausdruck für eine ganze Gruppe* von biologischen Reaktionen ist, wäre gewiß doch sehr vieles erreicht. Versuche in dieser Richtung sind schon so alt wie die wissenschaftliche Lichttherapie selbst. Schon *Finsen* verwendete *die Pigmentierung* der menschlichen Haut als einen Maßstab für die biologische Intensität der verschiedenen Lichtarten. In Wirklichkeit war diese Methode die Grundlage für *Finsen's* Theorien und für seine Lichttherapie. Aber leider ist diese Methode ja zu umständlich für den täglichen Gebrauch, sie läßt außerdem keine genaue Abstufung der Lichtintensitäten zu und endlich ist sie von den individuellen Verschiedenheiten der Versuchspersonen abhängig.

Uebrigens wird man a priori gegen sie denselben Einwand machen können wie gegen die photochemischen Methoden, nämlich, daß die Reaktion auf selektive Absorption eines ganz bestimmten Spektralgebietes beruht und daß vielleicht alle andern biologischen Reaktionen durch ganz andere Strahlen hervorgerufen werden. Soll eine derartige Reaktion eine allgemeine Bedeutung haben, muß man nachweisen können, daß eine ganze Gruppe von bedeutsamen Lichtreaktionen von genau denselben Strahlen hervorgerufen werden. Ich bin nun in der Lage, eine solche Gruppe angeben zu können.

Wie gesagt, hat schon *Finsen* die *Hautpigmentierung* als einen Kernpunkt der *Lichtreaktionen* angesehen. Ganz sicher ist jedenfalls, daß alle die Lichtquellen, deren therapeutische Wirksamkeit wissenschaftlich festgestellt sind, eine starke Pigmentation hervorrufen, und es fehlt nicht an direkten Aussagen, daß eine gewisse Parallelität zwischen der Pigmentierung und dem therapeutischen Effekt bestehe. So schreibt *Bernhard* der Pigmentierung eine große therapeutische Rolle zu, indem die Patienten, die am stärksten pigmentiert werden, sich am besten und schnellsten erholen. Bekanntlich hat *Rollier* in dem Pigment eine Art Transformator oder Sensibilisator der die Tiefenwirkung der Strahlen bedingt gesehen. *Meirowski* und *Christen* glauben, daß das Licht mittelst des Pigmentes in stärker wirkende Sekundärstrahlen umgesetzt wird und *Jesionek* glaubt, daß die Pigmentbildung unter Abspaltung irgend eines ins Blut übergehenden Stoffes stattfindet.

Ich selbst bin auch von der tiefgehenden Bedeutung der Pigmentbildung überzeugt, obschon ich derselben eine *negative* Rolle zuschreibe, indem ich glaube, daß *durch die Pigmentbildung ein schädlicher Faktor aus dem Körper ausgeschieden wird*. Meine Begründung dieser Ansicht ist die folgende: Nach den bahnbrechenden Untersuchungen von *Bruno Bloch* über die Pigmentbildung findet

sich ja in den tiefsten Zellen der Oberhaut ein oxydierendes Ferment, das sogenannte *Dopaferment*, das unter der Einwirkung des Lichtes einen vom Blute zugeführten Stoff, das „*Dopa*“ zu Pigment oxydiert. Es hat sich herausgestellt, daß dies Dopa wahrscheinlich identisch mit *Dioxyphenylalanin* ist. Nun ist aber dieser Stoff in chemischer Beziehung sehr nahe verwandt mit *Adrenalin* und da bekanntlich eine mangelhafte Funktion des adrenalinproduzierenden Organs, nämlich der Nebenniere, eine kolossale Hautpigmentierung hervorruft (die *Addison*'sche Krankheit), eine Pigmentierung, die ganz wie die normale vom Lichte verstärkt wird, so liegt es nahe anzunehmen, *daß das Dopa ein Nebenprodukt bei der normalen Adrenalinbildung ist*. Nun habe ich mir aber die Frage aufgeworfen: *Was geschieht mit dem produzierten Dopa, falls das Individuum nicht belichtet wird?* In diesem Falle kann das Dopa nicht als Pigment ausgefällt werden. Aber trotzdem findet es sich *immer in der Haut in latentem Zustande*, wie die interessanten Untersuchungen von *Meirowsky* und später *Königstein*, *Leiserowitsch* und *Heudorfer* gezeigt haben. Solange es nicht als körniges Pigment ausgefällt ist, muß es sich in gelöstem Zustande befinden, aber nach *Brahn* und *Schmidtmann*s Untersuchungen ist eine neutrale kolloidale *Lösung von Pigment (Melanin) recht giftig*, ruft u. a. eine starke Herabsetzung des Blutdruckes und Herzschwäche hervor, also gerade das Entgegengesetzte der Adrenalinwirkung, und gerade Symptome, die charakteristisch für die *Addison*sche Krankheit sind. Ich habe daraus den Schluß gezogen, daß die Bedeutung des Pigmentierungsprozesses darin liegt, daß diese giftige Dopasubstanz durch das Licht als Pigment ausgefällt und dadurch unschädlich gemacht wird.

Ich bin mir ganz klar darüber, daß diese Auffassung vorläufig nur eine Hypothese ist. Aber ganz gleichgültig, ob die Zukunft diese oder eine der andern Pigmenthypothesen bestätigen wird — *man wird doch kaum daran zweifeln können, daß die Pigmentierung eine hochwichtige biologische Funktion ist* und — wenn ich nun zu meinem eigentlichen Gegenstand zurückkehre — *eine Meßmethode der biologischen Lichtintensität muß in erster Linie dasjenige Strahlengebiet, das die Pigmentierung hervorruft, berücksichtigen*. Wo im Spektrum liegt nun dieses Gebiet?

In dieser Beziehung haben die Untersuchungen von *Hauser* und *Vahle* in 1921 interessante Aufschlüsse gegeben. Sie ließen das Spektrum von einem sehr kräftigen Quarzspektrographen direkt auf menschliche Haut fallen, indem sie durch Messungen mit einer linearen Thermosäule sich überzeugten, daß nicht eine ungleiche Energieverteilung im Spektrum die Resultate beeinflußte. Sie bestimmten die Intensitäten des Hauterythems in den verschiedenen Teilen des Spektrums sowohl wie die nachfolgende Pigmentierung. Sie haben auf diese Weise erstens gefunden, daß *die Erythembildung und die Pigmentierung von denselben Strahlen hervorgerufen werden* und zweitens, daß diese Wirkung ein sehr steiles und recht scharf

umschriebenes *Maximum im ultravioletten Gebiet hat zwischen den Linien 302 und 289* mit dem höchsten Gipfel bei der Linie 297, von wo die Kurve steil nach beiden Seiten abfällt, so daß sie schon bei der Linie 313 zu 4 % und nach außen bei der Linie 253 zu 16 % gefallen ist.

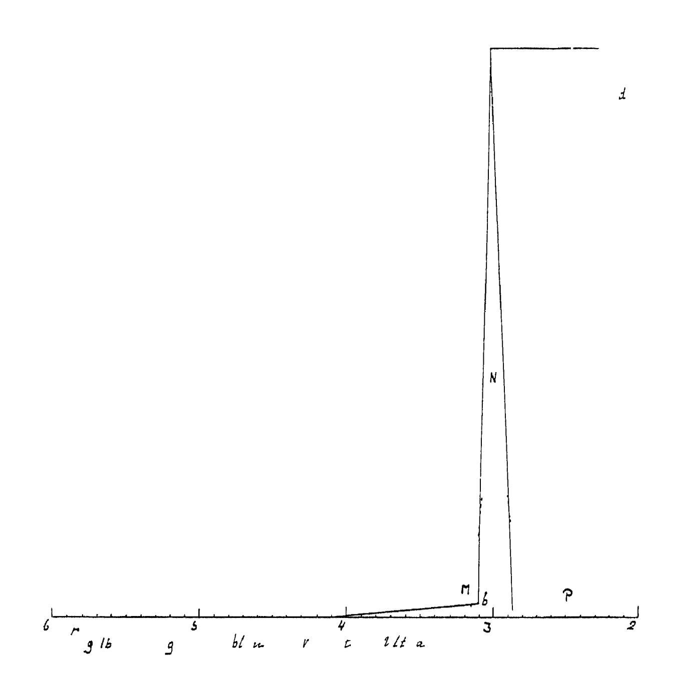
Diese selektive Spektralwirkung auf die Pigmentbildung in der Gegend der Linie 300 bekommt nun eine ganz besondere Bedeutung dadurch, daß eine Reihe von andern Lichtwirkungen sich auch um die Linie 300 gruppieren.

So machen *Hauser* und *Vahle* selbst darauf aufmerksam, daß Prof. *Dorno*s grundlegende Messungen hier in Davos über die Intensität der verschiedenen Spektralgebiete des Sonnenlichtes uns den Beweis geben, daß gerade an den Zeitpunkten des Tages und des Jahres, wo, wie jeder Sonnentherapeut aus Erfahrung weiß, die heilende Wirkung des Sonnenlichtes am stärksten ist, die Sonnenstrahlen gerade so weit ins Ultraviolette hineinreichen, daß sie das besprochene Gebiet in der Nähe der Linie 300 erreichen.

Aber noch andere Untersuchungen lenken unsere Aufmerksamkeit auf dasselbe Gebiet. In 1909 hat *Hasselbalch*, damaliger Laboratoriumsleiter im *Finsen*-Institut, die Einwirkung des Lichtes auf das Blut untersucht und gefunden, daß die *Umbildung des Hämoglobins in Methämoglobin* ebenfalls in dem genannten Gebiet ein Maximum hat, indem dieser Prozeß in Wellenbreiten oberhalb und in ganz hervorragendem Maße direkt unterhalb der Linie 310 stattfindet. Zweitens hat er gefunden, daß Strahlen unterhalb 310 eine ganz besondere Fähigkeit *zum Auflösen der roten Blutkörperchen haben*, wenn auch dieser letztere Vorgang schon von den sichtbaren Strahlen ausgelöst werden kann, jedoch nur in bedeutend geringerem Grade.

Endlich muß ich einige Versuche nennen, die ich selbst im Jahre 1903 im *Finsen*schen Lichtinstitut ausgeführt habe. Ich untersuchte *die Verteilung der bakterientötenden Strahlen im Spektrum* des Kohlenbogenlichtes mittels eines Quarzspektrographen. Ich fand ein scharf umschriebenes und sehr starkes Maximum der bakterientötenden Strahlen (jedenfalls wenn es sich um Bacillus prodigiosus handelt) genau an derselben Stelle im ultravioletten Spektrum, wo 17 Jahre später *Hauser* und *Vahle* ihr Maximum für die Pigmentbildung gefunden haben, also bei der Linie 300. Die Lage dieses Maximums habe ich durch zwei verschiedene Methoden konstatiert: erstens, indem ich das ganze Spektrum auf eine Gelatinekultur fallen ließ, wodurch es sich sozusagen auf der Kultur photographierte, nämlich als Streifen, die sterilisiert wurden durch die betreffenden Strahlen, und zweitens auf die Weise, daß ich nach und nach schmale Streifen des ganzen Spektrums abblendete und so für jedes einzelne Spektralgebiet untersuchte, wie lange Zeit notwendig war, um eine Kultur zu sterilisieren. Beide Methoden gaben übereinstimmend eine Kurve,

wie in dieser Zeichnung schematisch dargestellt (Die genauern Versuchsergebnisse sind in den Mitteilungen aus dem *Finsen* Institut von 1904 mitgeteilt)



Die gefundene Abtotungskurve ist *abcd* Wahrend eine Beleuchtung im roten und gelben Teil des Spektrums selbst nach 2 Stunden ganz ohne Einfluß auf die Bakterien war, gelang es mit den grunblauen Strahlen, eine Abtotung nach 2 Stunden zu erreichen Bei der Linie 350 im innern Ultraviolett war die Abtotungszeit schon zu etwa 10 Minuten abgekurzt, aber ziemlich genau *bei der Linie 300 fangt eine ganz plotzliche und enorme Verstarkung der Bakterizidität* an, so daß die Bakterien nun schon bei etwa 3 Sekunden Belichtung abgetotet werden, ja bei der Linie 250 sogar schon nach 2 Sekunden Dieses Maximum — wo also die bakterientotende Kraft zwischen 3 und 4000mal starker ist als im blauen Spektrum — erstreckt sich mit kleinen Schwankungen bis etwa zu der Linie 200, wo der Quarz anfangt das Licht zu absorbieren, so daß man also mit einem Quarzspektrographen nicht weiter untersuchen kann

Unterhalb meiner Kurve habe ich *die Hauser* und *Vahle*'sche Pigmentierungskurve gezeichnet (MNP) Die Koinzidens der ansteigenden Aeste ist ja frappant Aber wahrend die Pigmentierungskurve schon bei der Linie 290 stark abfallt, bleibt meine Kurve noch lange in ungefahr derselben Hohe Dieser Unterschied ist doch nur

anscheinend. Um Pigmentierung hervorzurufen, müssen ja die Strahlen bis zu einer gewissen Tiefe in die Oberhautzellen eindringen. Nun wissen wir aber durch *Hasselbalch*s *Untersuchungen*, daß gerade bei der Linie 290, wo die Pigmentierung schwächer wird, die Penetrationsfähigkeit der ultravioletten Strahlen plötzlich sehr stark abnimmt. Ihre Fähigkeit, eine $^1/_{10}$ mm dicke Epidermisschicht zu durchdringen, ist bei der Linie 290 nur 1 : 600 von der Durchdringungsfähigkeit bei der Linie 300. Falls ich dementsprechend meine Kurve von der Linie 290 an im Verhältnis 1 zu 600 reduziere, bekomme ich die Kurve C X, und wir sehen nun, daß die zwei Kurven innerhalb der Versuchsfehlergrenze, sozusagen identisch sind.

Fassen wir diese unter ganz verschiedenen Voraussetzungen gemachten und doch miteinander stimmenden Versuchsergebnisse zusammen, so sehen wir, daß

1. die Pigmentierung
2. das Hauterythem
3. die Methämoglobinbildung
4. die Auflösung der roten Blutkörperchen
5. die Abtötung von Bakterien

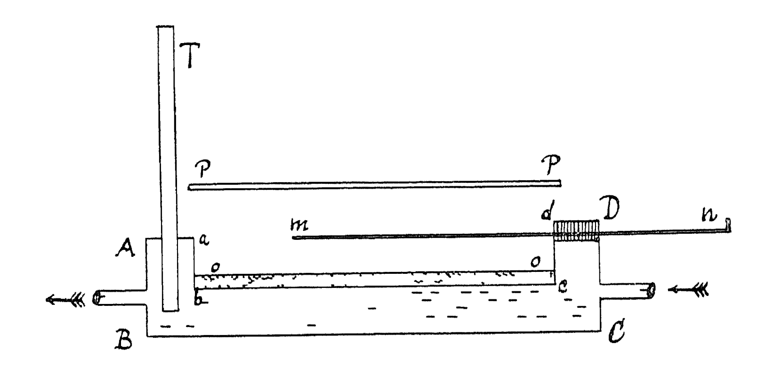
ein Maximum in genau demselben Spektralgebiet haben, wozu wahrscheinlich als Nr. 6 kommt, daß gerade diese Strahlen im Sonnenlichte von besonderer therapeutischer Bedeutung sind.

Hieraus zu schließen, daß überhaupt alle Wirkungen des Lichtes auf den tierischen Organismus an diese Strahlen geknüpft sind, ist natürlich nicht erlaubt. Aber wir können jedenfalls soviel sagen, daß *eine bedeutende Gruppe von tiefgreifenden Lichtwirkungen selektiv beeinflußt werden von diesem Spektralgebiet*, und können wir dieses Gebiet ausmessen, besitzen wir einen, wenn nicht vollständigen, so doch jedenfalls biologisch begründeten Maßstab für die biologische Lichtintensität.

Als solchen Maßstab benutze ich seit etwa 20 Jahren die *Abtötung von Bakterien*. Eine Beschreibung des verwendeten Apparates wird die Methode klarlegen.

In eine sterile Metallschale *abcd* etwa von der Größe einer Petrischale gieße ich Nährgelatine und lasse dieselbe in wagerechter Stellung erstarren. Kurze Zeit vor dem Versuch wird die Oberfläche (O) dieser Gelatine mit einer genau 24 Stunden alten Bouillonkultur von Prodigiosus so dünn und gleichmäßig wie möglich mittelst sterilem Pinsel bestrichen. Durch die Verwendung einer solchen Oberflächenkultur erreicht man, daß das Licht nicht vom Nährmedium absorbiert wird — die betreffenden Strahlen werden schon von Bouillon in einer Schichtdichte von $^1/_{100}$ mm merklich absorbiert. Aber auf diese Weise wird die Bouillon von der Gelatine aufgesogen, so daß die Bakterienkörper sozusagen nackt dem Lichte ausgesetzt werden. Außerdem muß Rücksicht genommen werden auf das Alter der Kultur und auf die Temperatur der Bakterienkörper während der Belichtung. Ich habe in 1901 nachgewiesen, daß die Widerstandsfähigkeit mit dem Alter steigt und mit der Temperatur abnimmt. Deshalb verwende ich, wie schon besprochen, Kulturen von einem ganz bestimmten Alter (24 Stunden), und deshalb muß die Belichtung bei konstanter Temperatur stattfinden, was ich dadurch erreiche, daß die Schale mit einem Wasser

mantel *ABCD* versehen ist dessen Temperatur durch das Thermometer *T* kontrolliert wird Dies Thermometer wird ubrigens bei Versuchen mit Sonnenlicht dazu benutzt das genau senkrechte Einfallen der Sonnen strahlen zu kontrollieren Um vergleichende Versuche anzustellen ist es selbstverstandlich von der großten Bedeutung daß die Strahlen genau senk recht auf die Gelatineoberflache fallen Man sieht leicht ob die Schale richtig aufgestellt ist dadurch daß das Thermometer in diesem Falle keinen Schatten wirft Vorlaufig ist die Kultur mit dem lichtdichten Deckel *mn* gedeckt Will man nun die Lichtwirkung zum Beispiel nach 1 2 3 Minuten Bestrahlung untersuchen zieht man den Deckel etwa 1 cm zuruck so daß ein 1 cm breiter Streifen der Kultur belichtet wird Nach der ersten Minute zieht man den Deckel weiter 1 cm zuruck belichtet wieder eine Minute wobei der erste Streifen im Lichte bleibt und also nun 2 Minuten Belichtung bekommen hat usw Die Rander der Kultur werden uberhaupt nicht belichtet und dienen so als Kontrolle Nach Beendigung der Belichtung wird der Deckel zugemacht und der ganze Apparat in Ther



mostat bei 20 Grad gestellt Nach 24 Stunden sieht man die Kultur in den Kontrollstreifen vollstandig ausgewachsen in den genugend belichteten Streifen ist die Gelatineoberflache vollstandig steril und zwischen diesen beiden Zonen sieht man eine Reihe von Streifen wo die Bakterien stufen weise abgeschwacht sind Nur *eine* Vorsichtsnahme muß ich noch er wahnen Bei lang dauernden Versuchen in starkem Sonnenschein konnte vielleicht die Austrocknung zur Abschwachung der Bakterien mitwirken Ob dieser Faktor eine Rolle gespielt hat oder nicht sieht man sofort durch die Platte *PP* deren eine Halfte aus Glas die andere aus Quarz besteht und die so angebracht ist daß die eine Halfte jedes Gelatinestreifens durch Glas die andere durch Quarz belichtet wird Da die Warmestrahlen gleich gut durch Quarz und Glas gehen muß die austrocknende Wirkung die gleiche sein unter beiden Die ultravioletten Strahlen gehen nur durch die Quarzplatte und bei gut ausgefuhrten Versuchen sehen wir denn auch daß die Bakterien nur unter dieser abgeschwacht resp getotet sind wah rend sie unter dem Glase ganz wie in den unbelichteten Kontrollpartien auswachsen

Mit dieser Methode habe ich die verschiedensten *Lichtquellen* und namentlich die fur therapeutische Zwecke empfohlenen Lampen verglichen Hierauf werde ich bei dieser Gelegenheit nicht eingehen, aber ich mochte mir erlauben, auf *die Brauchbarkeit der Methode fur klimatologische Studien* hinzuweisen Im Jahre 1911 erhielt ich durch Prof *Pannwitz* eine Einladung von der „Kommission fur Hohen

und Sonnenforschung“ an deren zweiter klimatologisch-biologischer Expedition nach der Insel Teneriffa teilzunehmen. Ich unternahm mit der genannten Methode eine Reihe von Lichtmessungen in verschiedenen Höhenlagen zwischen dem Meere und dem 3700 Meter hohen Pico de Teyde. Wie zu erwarten war, habe ich eine kolossale Steigerung der Lichtintensität mit der Höhe gefunden. Während unten am Meere etwa 2 Stunden Belichtung in der Mittagszeit notwendig war, um die Kulturen zu sterilisieren, genügten oben auf dem Pico wenige Minuten und in der Gegend um 2000 m ergab ein Höhenunterschied von 500 m einen Unterschied in der Abtötungszeit von zirka 35 %. Auf die gefundenen Werte, die eigentümliche Tageskurve usw. werde ich doch nicht näher eingehen, unter anderem weil ich der gefundenen *absoluten* Werte nicht sicher bin, teils weil meine Laboratorieneinrichtung recht primitiv war, und teils weil ich nicht lange genug auf der Insel bleiben konnte, um genügend viele Kontrollversuche anzustellen. Seit 1920 arbeitet Dr. *Rolf Hertz*, ärztlicher Leiter des dänischen Küstenhospitals am Refsnäs, mit der Methode, um Jahres- und Tagesschwankungen des Lichtes, den Einfluß des von der Meeresoberfläche reflektierten Lichtes usw. zu untersuchen. Seine Resultate werden in nächster Zukunft veröffentlicht werden.

Resultate meiner Methode habe ich also nicht vorzulegen. Wenn ich trotzdem mir erlaubt habe, dieselbe hier zu erwähnen, ist es in der Ueberzeugung, daß es von großem Interesse wäre, gerade *hier in Davos solche Untersuchungen* systematisch zu treiben. Die Bedingungen sind hier besonders gut, um die täglichen und jährlichen Kurven der Lichtintensität in verschiedenen Höhenlagen zu studieren, zumal wir die entsprechenden physikalischen Kurven für Davos durch Prof. *Dorno*'s schöne Untersuchungen schon besitzen. Man könnte hier *Standardkurven* darstellen, mit welchen die entsprechenden Kurven anderer Klimate sich vergleichen ließen. Es wäre ohne Zweifel eine zwar große, aber lohnende und nicht unmögliche Aufgabe, auf diese Weise nach und nach einen *biologischen Lichtatlas*“ der ganzen Erde darzustellen. Man braucht nur einen Blick in das Programm dieser Tagung zu werfen, um zu sehen, auf wie vielen Gebieten der Physiologie, Pathologie und der Volksgesundheit wir dem Lichte eine Rolle zuschreiben. Die Beurteilung eines Klimas in biologischer Hinsicht ohne einen Maßstab seiner biologischen Lichtintensität wird immer eine subjektive Schätzung bleiben. Es ist deshalb meine Hoffnung, daß man die Bedeutung der einheitlichen Ausmessung der verschiedenen Lichtklimate einsehen wird — ob es durch meine Methode oder eine andere und bessere geschehen soll, ist mir eine Nebensache, wenn es nur durch eine Methode geschieht, die biologische und nicht rein physikalische Faktoren zahlenmäßig ausdrücken kann.

Die physikalisch-chemische Beeinflussung des Organismus durch das Hohenklima

Von Prof. Baron *A. v. Koranyi*, Budapest

Meine Aufgabe besteht in der Erorterung der physikalisch-chemischen Beeinflussung des Organismus durch das Hohenklima. Unter den Wirkungen des Hohenklimas sind nur einzelne soweit bekannt, daß sie aus physikalisch-chemischen Gesichtspunkten betrachtet werden konnen. Doch gehoren sie zu den wichtigsten und ergeben sich aus ihrer Analyse Einblicke in den veranderten Betrieb des Organismus, die die Hoffnung erwecken, daß ihre nahere Ergrundung zu einer Erweiterung der Indikationen des Hohenklimas fuhren wird.

Zu den merkwurdigsten physiologischen Konstanten gehoren diejenigen der Zahlen der verschiedenen Blutzellen. Da die Zahl jeder einzelnen Zellenart nur zwischen engen Grenzen schwankt, muß jede durch besondere Reaktionen reguliert werden. Als Zeichen, nach welchen sich diese Regulationen richten mussen, sind nur chemische Produkte denkbar, die fur jede Zellenart spezifisch sind und deren Mengen von der Zahl der Zellen, deren chemischen Arbeit und vom Verbrauch bestimmt werden.

Von der Regulation der Zahl der weißen Blutzellen wissen wir nichts. Ueber die der roten sind wir besser unterrichtet. Fließt dem arteriellen Blute venoses durch eine kongenitale Kommunikation zwischen beiden Herzkammern zu, so steigt die Erythrocytenzahl an. Dasselbe geschieht bei beeintrachtigter Atmung, bei einer ungewohnlich weitgehenden Entarterialisierung des Blutes, wenn die Zirkulationsgeschwindigkeit abnimmt, wenn der Platz des Sauerstoffes im Hamoglobin teilweise durch Kohlenoxyd eingenommen und wenn im pneumatischen Kabinett verdunnte Luft eingeatmet wird.

Ich habe vor nahezu drei Dezennien bewiesen, daß die Erythrozytenzahl bei all' den erwahnten pathologischen Zustanden durch Sauerstoffeinatmung prompt herabgesetzt, wahrend die normale Erythrozytenzahl im Tieflande durch Sauerstoffeinatmung nicht beeinflußt werden kann. Die Wirkungslosigkeit der Sauerstoffeinatmung im Tieflande erklart sich ungezwungen aus der Tatsache, daß das Oxyhamoglobin bei normalem Sauerstoffdruck bereits nahezu gesattigt ist. Anderseits beweisen meine Beobachtungen an pathologischen Polyzythamien, daß sie einer durch Sauerstoffmangel aus

gelosten Reaktion derjenigen Organe zuzuschreiben sind, welche die Zahl der roten Blutzellen regeln

Die Zahl der Erythrozyten nimmt bei zunehmender Hohe zu Da diese Zunahme bereits in maßigen Hohen nachweisbar ist in welchen der Sauerstoffgehalt des Blutes so gut wie unverandert ist, wurde ihr Zusammenhang in geringen Hohen mit der Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft oft bezweifelt In 1904 und 1906 habe ich mit *Bence* und *Scharl* den Einfluß von Sauerstoffeinatmungen auf die Erythrozytenzahl am Gornergrat und in der Tatra untersucht Wir stellten fest daß die Hohenpolyzythamie nicht nur am 3136 m hohen Gornergrat, sondern auch in einer Hohe von 1000 m durch Sauerstoffeinatmung herabgesetzt wird Folglich wird die Polyzythamie maßiger Hohen ebenso durch die Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft bedingt wie die der großen Diese Tatsache wird sofort begreiflich, wenn wir folgendes berucksichtigen

Wurden diejenigen Faktoren unverandert bleiben, welche den Sauerstofftransport aus der Luft zum Blute besorgen oder wurde ihre Anpassung an eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft eine unvollstandige sein so mußte der Sauerstoffdruck im Blute mit zunehmender Hohe sinken Aus der Form der Dissoziationskurve des Oxyhamoglobins folgt aber, daß bei maßiger Abnahme des Sauerstoffdruckes im Blute dessen Sauerstoffgehalt kaum und erst bei verhaltnismaßig sehr stark erniedrigtem Druck wesentlich abnimmt Folglich kommt es in maßigen Hohen zu einem Zustande im Blute in welchem der Sauerstoffdruck bereits merklich geringer geworden ist wahrend dessen Sauerstoffgehalt beinahe unverandert bleibt Ob nun ein Organ in diesem Zustand bereits an Sauerstoffmangel leidet oder nicht hangt davon ab wie sich seine Sauerstoffversorgung zum Sauerstoffdruck und zum Sauerstoffgehalt des Blutes verhalt Dieses Verhalten ist aber bei verschiedenen Geweben verschieden und kann sich wie *Krogh* fur die Muskeln nachgewiesen hat auch je nach ihrem funktionellen Zustande andern

Die Sauerstoffversorgung ist der Sauerstoffdruckdifferenz zwischen dem Blute und dem Gewebe proportional Im Verhalten des Sauerstoffdruckes in den Geweben kommen aber zwei Extreme vor Es gibt Organe mit betrachtlichem Sauerstoffdruck Da ihr Sauerstoffdruck mit dem des Blutes steigt und fallt, also das Druckgefalle, das ihnen Sauerstoff zufuhrt, von der absoluten Große der Sauerstofftension zwischen weiten Grenzen unabhangig ist ist auch ihre Sauerstoffversorgung von einer nicht allzu weitgehenden Veranderung des Sauerstoffdruckes im Blute unabhangig So verhalt sich z B nach *Verzar* die Submaxillardruse Demgegenuber gibt es Organe, z B die ruhenden Muskeln, deren Sauerstoffdruck verschwindend gering ist Folglich gleicht die Sauerstoffdruckdifferenz zwischen Muskeln und Blut fast dem absoluten Drucke im letztern Nimmt nun dieser Druck ab so muß die Sauerstoffversorgung solcher Organe leiden Da die regulierenden Organe der Erythrozytenzahl be

reits auf eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft reagieren bei welcher der Sauerstoffdruck des Blutes zwar etwas abnimmt, deren Sauerstoffgehalt aber kaum, muß gefolgert werden, daß sie zu den Organen mit verschwindendem eigenem Sauerstoffdruck gehoren Es wurde berechnet, daß die Hohenpolyzythamie den Hamoglobingehalt des Blutes uber jene Grenze hinaus erhoht, bei welcher der Sauerstoffgehalt des Blutes trotz der Herabsetzung der Sauerstofftension dieselbe wie im Tieflande bleiben wurde Aus unserm Gesichtspunkte erheben sich nun zwei Fragen Die erste lautet kann durch diese Reaktion eine Sauerstoffversorgung des Organismus gesichert werden die derjenigen im Tieflande genau gleicht die zweite ist diese Form der Adaptation an die Hohenluft zweckmaßiger als eine ware, welche die vermehrte Sauerstoffzufuhr durch eine Beschleunigung der Zirkulation erreichen wurde?

Die erste Frage laßt sich einfach beantworten Unter sonst gleichen Umstanden erhoht die Zunahme des Hamoglobingehaltes des Blutes nur die Menge des gebundenen Sauerstoffes ohne den arteriellen Sauerstoffdruck zu verandern Folglich kann diese Art der Akkommodation nur denjenigen Organen nutzen, deren Versorgung von der Sauerstoffzufuhr abhangt, von dessen Druck in ihr aber mehr oder weniger unabhangig ist wahrend dem Sauerstoffhunger der andern, deren eigener Sauerstoffdruck minimal ist, und deren Sauerstoffzufuhr mit der absoluten Große des Druckes im Blute zusammenhangt durch die Hohenpolyzythamie nicht abgeholfen werden kann Daher hort die im Tieflande herrschende harmonische Sauerstoffversorgung der Organe auf

Zur Beantwortung unserer zweiten Frage fuhren folgende Ueberlegungen In der Hohenluft bleibt der Blutdruck entweder unverandert, oder nimmt dessen Große maßig zu Daraus folgt daß, im Falle die normale Sauerstoffzufuhr bei herabgesetzter Spannung durch eine Beschleunigung der Zirkulation erreicht werden wurde, diese Art der Akkommodation zu einer annahernd gleichmaßigen der Zunahme des Minutenblutvolums proportionalen Mehrbelastung bei der Kammern fuhren wurde

Durch die Hohenpolyzythamie wird nun die erforderliche Beschleunigung der Zirkulation gemaßigt oder auch, wenn sie groß genug ist, jede Beschleunigung uberflussig gemacht Eine Zunahme der Blutzellenzahl vergroßert aber die Viskositat des Blutes Im Tieflande schwankt die Blutviskositat zwischen ziemlich engen Grenzen Die Bedeutung einer normalen Große geht aus den uberaus interessanten Untersuchungen von *Heß* hervor Sein Gedankengang ist kurz zusammengefaßt der folgende Der Hamoglobinbedarf der Organe konnte auch durch ein außerst zellenarmes Blut gedeckt werden Dann ware aber das erforderliche Minutenblutvolum so außerordentlich groß daß neben diesem Nachteil der Vorteil einer geringen Blutviskositat verschwinden wurde Bei einer außerordentlich hochgradigen Polyzythamie wurde dagegen vom Herzen nur ein geringes

Minutenvolum gefordert Doch steigt die Kurve der Blutviskosität bei zunehmender Zellenzahl zwar erst langsam aber spater immer steiler an und erreicht bei sehr hoher Zellenzahl ungeheure Werte Folglich wurde eine zu weitgehende Blutzellenzahl das Herz trotz des geringen Minutenvolums uberlasten Wie *Heß* festgestellt hat, ist im Tieflande die normale Blutviskositat zwischen diesen zwei Extremen eine optimale Diese Tatsache beleuchtet die Vorteilhaftigkeit der normalen Erythrozytenzahl

In der Hohenluft nimmt der Sauerstoffgehalt des Hamoglobins ab Folglich muß in der Zeiteinheit eine großere Hamoglobinmenge die Gewebe durchstromen, um gleiche Sauerstoffmengen zu befordern wie im Tieflande Nun besagt die Formel von *Heß* daß die Arbeit welche diesem Zweck in einem sonst unveranderlichen System entspricht mit der Viskositat und mit dem Quadrat der erforderlichen absoluten Blutzellenzahl zu-, mit dem Quadrat der Konzentration der Blutzellensuspension aber abnimmt Folglich ware im Bereiche, in welchem die Blutviskositat mit steigender Blutzellenkonzentration noch langsamer wachst als das Quadrat dieser Konzentration selbst die Zunahme der Erythrozytenzahl vorteilhafter als eine entsprechende Beschleunigung der Zirkulation Leider fehlen zahlenmaßige Daten welche sich auf die gleichzeitige Veranderung des Sattigungsgrades des Oxyhamoglobins der Blutzellenzahl und der Viskositat mit zunehmender Hohe erstrecken und die eine sichere Antwort auf die Frage ermoglichen wurden, ob die Blutzellenzahl bei der Hohenpolyzythamie ebenso einer optimalen Viskositat entspricht, wie 5 Millionen Erythrozyten im Tieflande Doch fuhrt eine annahernde Schatzung des *Heß*schen Koeffizienten zu einem Resultate, aus welchem sich der Anschein der Wahrscheinlichkeit ergibt daß es sich so verhalt

Wurde eine direkte Untersuchung des Gegenstandes in der Tat zu diesem Ergebnis fuhren so ware die Hohenpolyzythamie gegenuber einer Zirkulationsbeschleunigung auch in einem System vorteilhaft, in welchem sich nichts anderes als der Hamoglobingehalt des Blutes, dessen Viskositat und dessen Minutenvolum verandern konnte Einem solchen kommt das des kleinen Kreislaufs nahe Dem großen steht aber seine machtige vasoregulatorische Fahigkeit zur Verfugung, deren volle Bedeutung bei Veranderungen der Blutviskositat aus unsern Erfahrungen in pathologischen Polyzythamien zu erkennen ist Ich habe mit *Bence Vaquez*'sche Polyzythamien beobachtet, in welchen weder eine Hypertrophie des linken Ventrikels, noch eine Hypertonie nachweisbar waren und trotz einer Zunahme der Blutviskositat bis zum vierfachen des Normalen, keine Kreislaufsinsuffizienzerscheinungen festgestellt werden konnten

Die Fahigkeit der Kreislaufsorgane, eine Zunahme der Viskositat im großen Kreislauf auszugleichen scheint dazu geeignet zu sein, einer Mehrbelastung der linken Kammer durch die Hohenpolyzythamie vorzubeugen

Wenn aber diese Erwägungen richtig sind, so muß, wie *Stäubli* auseinandergesetzt hat, nach erfolgter Anpassung des Herzens an die Höhenluft das Verhältnis zwischen der Muskelstärke der zwei Herzhälften in der Höhe eine andere als im Tieflande sein. Es wäre sehr erwünscht, wenn bei Sektionen in hochgelegenen Orten Untersuchungen stattfinden würden, um zu erfahren, ob das menschliche Herz sich dieser Erwartung entsprechend verhält. Aus einigen Untersuchungen an Tieren scheint aber ihre Richtigkeit hervorzugehen. Nach *Strohl* erreicht das Herzgewicht des 2000—3000 m hoch wohnenden Alpenschneehuhns 16,3 % seines Körpergewichtes, während das des im Tieflande lebenden Moorschneehuhns bloß 11,92 % seines Körpergewichtes ausmacht. Dabei erreicht beim Alpenschneehuhn die Gewichtszunahme der linken Kammer nur 2/10, die der rechten dagegen 7/10 bis 17/10. Nach *Heger* und *Lampen* verhält sich das Herz von in großen Höhen lebenden Kälbern ähnlich.

Zur stärkeren Belastung der rechten Herzkammer trägt nach *Stäubli* noch folgender Umstand bei. Aus den Untersuchungen von *Ewald* und denjenigen, die *ich* mit *Bence* ausgeführt habe, ist bekannt, daß die Kohlensäure die Blutviskosität steigert, die Arterialisierung aber diese herabsetzt. Daher hat die rechte Kammer schon im Tieflande eine größere innere Reibung des Blutes zu überwinden als die linke. Da ich gefunden habe, daß diese Kohlensäurewirkung mit der Blutzellenzahl zunimmt, muß der aus ihr hervorgehende Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute in der Höhe größer sein als im Tieflande. Daß die Höhenveränderungen der Blutviskosität sowie die Verschiedenheit in beiden Blutarten keineswegs unerheblich sein dürften, kann daraus gefolgert werden, daß erstere nach *Determann* und *Stäubli* bereits in St. Moritz um rund 11 bis 17 % zunimmt und der Unterschied zwischen der Viskosität des arteriellen und venösen Blutes nach *Burton Opitz* schon im Tieflande 8 bis 12% ausmacht.

Die Höhenpolyzythämie kann aber nur eine ihr entsprechende Abnahme des Sauerstoffgehaltes kompensieren. Da das Sauerstoffbedürfnis während der körperlichen Arbeit wächst und, wie wir aus den Versuchen von *Zuntz*, *Loewy* und ihren Mitarbeitern wissen, dieses Wachstum mit der Höhe zunimmt, müssen die auch schon im Tieflande erforderliche Beschleunigung der Zirkulation und Steigerung der Atemtätigkeit während einer gleichen angestrengten Muskeltätigkeit mit zunehmender Höhe ebenfalls zunehmen. Damit hängen auch die in der Höhe zunehmende Steigerung der Pulsfrequenz und der Lungenventilation während der Muskelarbeit zusammen. Daß sie in der Tat eine Folge der veränderten Sauerstoffversorgung sind, geht aus den Beobachtungen von *Mosso* und *Loewy* hervor. Beide werden nämlich nach Sauerstoffeinatmungen reduziert. Eine Beschleunigung der Zirkulation erfordert aber eine um so bedeutendere vasomotorische Kompensation oder, wenn sie wie im kleinen Kreislauf fehlt und vielleicht auch im großen ihre Grenze er-

reicht, eine um so bedeutendere Herzarbeitssteigerung, je großer die Blutviskositat ist. Das Verhalten der Hohenpolyzythamie drangt zu einem Vergleich mit den Vorgangen bei der Kompensation von Herzfehlern. Bei raschen Veranderungen des Sauerstoffgehaltes der Luft werden je nach dem Bedarf Blutzellen aus ihrem Depot dem stromenden Blute zugefuhrt oder entzogen, wie das Herz sich an einen plotzlich entstehenden Herzfehler erst auf Kosten seiner Reservekraft anpaßt. Halt aber der Hohenaufenthalt an, so werden Erythrozyten neugebildet, ahnlich wie die Kompensation eines bleibenden Herzfehlers erst durch eine sich allmahlich entwickelnde Hypertrophie zu einer dauerhaften wird. Und wie diese Kompensation nur dem Ruhezustand voll entspricht, erweist sich auch die Hohenpolyzythamie bei angestrengter korperlicher Arbeit als insuffizient.

Aus diesen Umstanden ist teilweise erklarlich, warum die Leistungsfahigkeit des Menschen nach der Uebersiedelung in großere Hohen abnimmt, warum diese Abnahme besonders bei solchen eine sehr ausgesprochene ist, deren Herz weniger adaptationsfahig ist und warum Herzkranke an der untern Grenze der Kompensation das Hohenklima so auffallend schlecht vertragen.

Anderseits folgt aber aus den erorterten Zusammenhangen, daß uns in der Auswahl der Hohenlage des Aufenthaltsortes und in einer entsprechenden Regelung der Lebensweise eine Methode gegeben ist, die dauernde Belastung des Herzens und ihre Verteilung auf beide Kammern auf einfache Weise zu beeinflussen. Daß diese Moglichkeit dem Arzte die Elemente einer außerordentlich fein abstufbaren Uebungstherapie des Herzens bietet, braucht nicht weiter ausgefuhrt zu werden. Mit ihren zahlreichen Hohenkurorten ware die Schweiz das geeignetste Land der Welt zur methodischen Ausbildung dieser bis jetzt sozusagen vollkommen unausgenutzten Form der Herzubung. Zu ihrer Durchfuhrung mußten Kurorte verschiedener Hohe ausgewahlt werden und zur Losung einer gemeinsamen Aufgabe zusammentreten. Die Uebersiedelung des noch ubungsfahigen Herzkranken von einem zum andern durfte erst nach erfolgter Anpassung geschehen. Vielleicht ware auch eine Kombination der Hohenkur mit irgendeiner Form der Arbeitstherapie von Nutzen. Vorubergehende Beschwerden konnten außerordentlich prompt durch Sauerstoffeinatmung, dauerndere durch Zuruckschicken nach einem tiefer liegenden Orte bekampft werden. Bei der Auswahl der Falle mußte auch die wahrscheinlich uberwiegende Belastung und Uebung des rechten Herzens durch das Hohenklima berucksichtigt werden.

Die Hohenpolyzythamie gleicht nur die Abnahme des Sauerstoffgehaltes des arteriellen Blutes aus, wahrend sie die der Sauerstoffspannung nicht korrigieren kann. Ueber welche Moglichkeiten verfugt nun der Organismus, um sich auch dieser Wirkung des Hohenklimas anzupassen? Freilich ware die vollkommenste Form einer Anpassung in der gesteigerten aktiven Sauerstoffaufnahme durch die Lungen gegeben, wie sie auf Grund der *Bohr*'schen Lehre und

eigener Erfahrungen besonders von *Haldane* angenommen wird Doch wird eine aktive Sauerstoffaufnahme von der Mehrzahl der Physiologen abgelehnt und ist die Entscheidung in dieser Frage noch abzuwarten

Dagegen gibt es andere Fahigkeiten des Organismus zur Verringerung des im Tieflande gewohnlich bestehenden Unterschiedes zwischen der Sauerstofftension der Atmosphare und der der Alveolarluft *Durig* und *Haldane* betonen die Bedeutung der Tatsache daß bei gewohnlicher Atmung die verschiedenen Teile der Lungen nicht gleichmaßig geluftet werden

Eine Vertiefung der Atmung, die zu einer vollkommeneren Entfaltung derjenigen Teile der Lungen fuhrt welche wahrend einer oberflachlicheren Atmung nur wenig ventiliert werden sowie eine Vermehrung des Atemvolums sind diejenigen Veranderungen welche den Unterschied zwischen dem Sauerstoffdruck der atmospharischen und der Alveolarluft am einfachsten zu verringern imstande sind Kommt es in hohern Regionen zur Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft so sorgt die veranderte Atmung dafur daß die Abnahme des Sauerstoffdruckes in der Alveolarluft also im Arterienblute gemaßigt werde Dadurch wird auch die Abnahme des Gehaltes von Sauerstoff im Blute verringert

Daß die Hohenhyperpnoe eine Folge von Sauerstoffmangel ist auch wenn sie in ganz maßigen Hohen erscheint, hat *Loewy* durch den Nachweis gezeigt, daß sie, ahnlich der Hohenpolyzythamie nach Sauerstoffeinatmung verschwindet Trotzdem kann sie nicht die unmittelbare Folge einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Blute sein Die Hohenpolyzythamie genugt reichlich, um einer Abnahme des Gehaltes des Blutes an Sauerstoff trotz der geringern Sattigung des Oxyhamoglobins vorzubeugen Außerdem folgt aus der Form der Dissoziationskurve des Oxyhamoglobins, daß die Abnahme seines Sattigungsgrades bei einem maßigen Hohenunterschied nur eine verschwindend geringe sein kann Wenn aber die Hohenhyperpnoe in maßigen Hohen nicht von einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes des Blutes herruhrt, so muß sie, der Hohenpolyzythamie ahnlich, durch die verringerte Sauerstofftension bedingt sein Dann gehort aber das Atemzentrum zu denjenigen Organen, deren eigener Sauerstoffdruck minimal ist, deren Sauerstoffversorgung also mit der absoluten Tension im Blute schwankt Wie ich am Anfange meiner Ausfuhrungen erwahnt habe verhalten sich nach *Verzar* die ruhenden Muskeln ahnlich, und auch fur diejenigen Organe muß ein gleiches Verhalten angenommen werden, welche die Blutzellenzahl regeln Fur den Organismus als Ganzes ist es aber von der allergroßten Bedeutung, daß gerade das Atemzentrum dieser Kategorie der Organe angehort und daß bei der in der Hohe gestorten Harmonie der Sauerstoffversorgung der Organe gerade das Atemzentrum zu denjenigen gehort, die Mangel leiden

Bei Sauerstoffmangel fuhrt der Stoffwechsel zu einer Vermehrung saurer Produkte. Bekanntlich nimmt aber die Tatigkeit des Atemzentrums mit zunehmender Wasserstoffionenkonzentration zu. Gewohnlich wird eine solche Zunahme besonders durch eine gesteigerte Kohlensaureproduktion beim arbeitenden Organismus bedingt. Dann fuhrt sie auf dem Wege einer Hyperpnoe zu einer Beschleunigung der Kohlensaureausfuhr und stellt die normale Reaktion des Blutes wieder her. Bei der Hohenpolypnoe verhalt sich die Sache anders. In maßigen Hohen leidet die O-Versorgung nur der Organe mit verschwindend geringem eigenem O-druck. Daher kommt es in diesen fruher zu einer lokalen Azidose. Die Hohenhyperpnoe ist die Folge eines lokalen Sauerstoffmangels, einer lokalen Saureproduktion, sie ist, wie sich *Winterstein* ausdruckt, zentrogen bedingt. Ein fremder Faktor schiebt sich also in den Mechanismus der Reaktionsregulierung ein und damit hort die in der gewohnten Hohenlage wunderbar vollkommene Harmonie zwischen der Kohlensaureausfuhr und den Bedurfnissen der Reaktionsregulierung auf.

Uebersteigt sie den Bedarf, so muß sie zu einer Alkalose fuhren, wie dies von *Haldane* und seinen Mitarbeitern im pneumatischen Kabinett beobachtet worden ist. Aehnliche Beobachtungen wurden in Davos und am Schiahorn auch von *Gyorgy* erhoben. Die Ausscheidung der sauren Valenzen im Harne nahm ab und wahrend in Heidelberg nur eine 400 Sekunden dauernde willkurlicher Hyperpnoe eine Alkalose erzeugte, bei welcher es zu Tetaniesymptomen kam, genugten in Davos 90 und am Schiahorn 50—70 Sekunden, um zu diesem Resultate zu fuhren.

Doch ist das Atemzentrum nicht das einzige Organ, welches gegenuber einer ungemein geringen Abnahme des Sauerstoffdruckes empfindlich ist. Auch die Muskeln gehoren zu derselben Kategorie. Ein ahnliches Verhalten auch anderer Organe muß aber dem Blute betrachtliche Mengen saurer Produkte zufuhren und disponiert zu Azidose im Blute. Ueberwiegt aber dieser Einfluß uber den entgegengesetzten, so kommt es außer der lokalen Azidose im Atemzentrum gleichzeitig zu einer allgemeinen. Nach ihren Zeichen in maßiger Hohe hat besonders *Loewy* sorgfaltig gefahndet. Zu ihnen gehoren die Abnahme der CO_2-Bindungsfahigkeit des Blutes, die der Sauerstoffkapazitat des Oxyhamoglobins, die Abflachung seiner Dissoziationskurve usw. Und wie die Azidose im Tieflande auf das Atemzentrum wirkt, muß sie auch ihre Wirkung in der Hohe auch bei bereits bestehender Hyperpnoe entfalten. Daher ist die Arbeitshyperpnoe in der Hohe großer als im Tieflande. Daß ihre Steigerung tatsachlich mit der Abnahme des Sauerstoffdruckes zusammenhangt, hat, wie gesagt, *Loewy* mit seinen auch in dieser Beziehung erfolgreichen Sauerstoffeinatmungsversuchen bewiesen.

Wenn aber die allgemeine Azidose die Hohenhyperpnoe steigert, so wirkt die Alkalose in entgegengesetztem Sinne. Daraus erklart sich vielleicht die Neigung zum periodischen Atmen in der Hohe. Die

Höhenhyperpnoe muß bei gleichzeitig bestehender mäßiger oder ganz fehlender Azidose zu einer allmählich zunehmenden Alkalose des Blutes führen welche dann die Azidose des Atemzentrums neutralisiert Dann hört aber die Ursache der Hyperpnoe auf Kommt es so zu einer Verflachung der Respiration oder gar zu Atempause dann sinkt die Sauerstoffzufuhr und kehrt die Bedingung der Azidose und der Hyperpnoe wieder Mit der wieder einsetzenden Atmung beginnt dann eine neue Periode

Die Bedeutung der Störung der Regulation der Blutreaktion ist nicht zu unterschätzen Wie ich mit *Bence* nachgewiesen habe nimmt das Volum der Blutkörperchen schon zufolge einer geringen Säuerung des Blutes rasch zu Diese Volumzunahme steigert viel stärker die Viskosität des Blutes als eine gleiche, die durch eine Vermehrung der Zellenzahl verursacht wird Da die Blutviskosität im Höhenklima das rechte Herz belastet, dürfte diese Folge der Azidose auf die Herztätigkeit ebenfalls von Bedeutung sein

Anderseits steigert die Azidose die Dissoziation des Oxyhämoglobins Dadurch dürfte sie die Sauerstoffversorgung der Gewebe bessern Demgegenüber steigert die Alkalose durch die Zurückdrängung der Dissoziation des Hämoglobins den Sauerstoffhunger der Gewebe

Zu den wissenschaftlichen Großtaten *Claude Bernard*'s gehört die Begründung der Lehre der aktiven Regulation der physikalischen und chemischen Eigenschaften des milieu interieur, in welchem die Zellen des hochorganisierten Tieres leben und wirken Einer der wunderbarsten Aeußerungen der Fähigkeit zu dieser aktiven Regulation begegnen wir beim Studium der Anpassungserscheinungen an die Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre Auf den ersten Blick würde es so aussehen, als ob diese Anpassung am einfachsten erreicht werden könnte, wenn die Tiefe der Inspiration und die Zunahme des Minutenvolums weit genug gehen würden, um den Sauerstoffgehalt der Alveolarluft bis zu dem im Tieflande zu erhöhen Doch muß die Anpassung der Atmung weit hinter dieser Grenze zurückbleiben Würde sie sie nämlich erreichen so käme es als Nebenwirkung zu einer hochgradigen Alkalose Durch die Zurückdrängung der Dissoziation des Oxyhämoglobins würde dann die Sauerstoffversorgung weiter geschmälert werden und käme es zu einem Circulus vitiosus Diese verhängnisvolle Nebenwirkung einer sehr großen Hyperpnoe wird dadurch vermieden, daß sie zu einer Abnahme der Wasserstoffionenkonzentration führt und diese die Hyperpnoe mäßigt Die aus diesem Grunde begrenzte und unvollkommene Kompensation der Wirkungen der Sauerstoffverarmung der Atmosphäre löst dann die zirkulatorischen Akkommodationserscheinungen aus, wobei zwischen den sich bietenden Möglichkeiten vom Organismus die Vermehrung der Blutzellenzahl als diejenige gewählt wird, die aus dem Gesichtspunkte der Herzarbeit die ökonomischere ist

Dabei wird eine gewisse Unsicherheit der Regulation der Blutreaktion nicht vermieden. Bald kommt es zu einer Alkalose, bald zu einer Azidose. Vielleicht ließe sich durch eine entsprechende Auswahl der Höhe, sowie durch eine Regelung der Ernährungsweise und der Muskeltätigkeit nach einem gründlichen Studium des Gegenstandes eine zielbewußte Beeinflussung der Blutreaktion erreichen, die auch in der Therapie eine Rolle spielen könnte.

Wenn wir zum Schluß die tiefere Bedeutung der erörterten Tatsachen durchdenken, so erkennen wir im Wesen des vollkommenen Angepaßtseins des Organismus an seine gewöhnliche Atmosphäre einen Ausdruck des sich immer wieder kundgebenden Grundprinzips des Organismus. Atemgröße, Atemtiefe, optimale Erythrozytenzahl, optimale Blutviskosität, Angepaßtsein der Sauerstoffdruckempfindlichkeit der Zirkulationsgeschwindigkeit, Angepaßtsein des Erregungszustandes der Vasomotoren an die Blutviskosität, Herzarbeit, relative Muskelstärke der rechten und der linken Herzkammer usw. erscheinen in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit als Elemente eines harmonischen funktionellen Systems, das als Ganzes unter dem Einflusse des Sauerstoffdruckes der Atmosphäre steht. Von den Mechanismen, welche die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Glieder dieses Systems bedingen, haben wir aber noch fast gar keine Ahnung. Vielleicht stehen manche dieser Beziehungen unter dem Einfluß der Blutdrüsen, wie aus den Untersuchungen von *Mansfeld* zu folgen scheint, nach welchen die Voraussetzung der Höhenpolyzythämie die durch den verminderten Sauerstoffdruck beeinflußte Schilddrüsentätigkeit ist. Daß das Höhenklima in der Tat auf das inkretorische Gleichgewicht wirkt, ist schon aus den günstigen Erfahrungen von *Stiller* zu erkennen, die er als erster an seinen in die Tátra verschickten Basedowkranken erhoben hat. Dasselbe folgt aus den Untersuchungen von *György* über das verschiedene Verhalten der Ueberventilationstetanie in verschiedenen Höhen. Was alles mit einer Verschiebung des sekretorischen Gleichgewichtes zusammenhängt, braucht nicht weiter auseinandergesetzt zu werden. In der großartigen Harmonie der Veränderungen der Organtätigkeiten bei vermindertem Sauerstoffdruck, wie sie aus den physikalisch-chemischen Folgen des Höhenklimas erkannt werden können, erscheint aber die Zusammenfassung der Teile des Organismus zu einer großen Einheit, die sich nach außen als eine durch Veränderungen der Umwelt nur schwer beeinflußbare Individualität erweist, in heller Beleuchtung.

Ueber die Bedingungen der Blutbildung und des Eisenstoffwechsels

Von Professor Dr *Leon Asher* Bern

Die Blutbildung ist bisher fast ausschließlich unter dem Gesichtspunkte betrachtet worden daß es sich dabei darum handle, dem menschlichen und tierischen Organismus die erforderliche Menge des Atmungspigmentes und der dieses Pigment enthaltenden Zellen bereitzustellen Neuere Erkenntnisse fuhren zur Einsicht daß dies eine zu enge Fassung des Vorganges sei Die roten Blutkorperchen als Trager des Hamoglobins besitzen nicht bloß die Funktion des Sauerstofftransportes, der Sauerstoffaufnahme und abgabe, sondern daruber hinaus ist wie namentlich amerikanische Autoren erkannt haben der Inhalt der roten Blutkorperchen eine der wichtigsten Puffersubstanzen zur Aufrechterhaltung der normalen Reaktion des Blutes Sodann haben die schonen Arbeiten von *Yandell Henderson* die Rolle der Blutkorperchen als sehr in Betracht kommende Lieferanten von dem, was man Alkalireserven des Organismus genannt hat, klar gelegt Außerdem hat dieser Forscher die Bedeutung der Chloraufnahme und -abgabe durch die roten Blutkorperchen in das hellste Licht geruckt und hat damit die Lehre von den hamato respiratorischen Funktionen der Blutkorperchen, zu welcher die altern Autoren schon wertvolle Bausteine geliefert hatten, zu einem gewissen Abschluß gebracht

Die Erweiterung des Funktionsgebietes der roten Blutkorperchen, welche ich kurz skizziert habe, erhoht das Interesse des Physiologen und wohl erst recht des Klinikers fur die Fragen der Neubildung des Blutes Das, was wir als Bildung der roten Blutkorperchen bezeichnen ist in Wirklichkeit das Endergebnis einer Reihe ziemlich verwickelter Vorgange Zunachst einmal ist der jeweilige Bestand an roten Blutkorperchen abhangig, sowohl von der Große der Bildung wie auch der Große der Zerstorung der roten Blutkoperchen innerhalb eines gegebenen Zeitraumes Somit laßt sich das Studium der Bildung nicht von demjenigen der Zerstorung derselben trennen *Eppinger* hat diesen ganzen Vorgang als die Mauserung des Blutes bezeichnet und in seinem schonen Werke uber die hepato linealen

Erkrankungen den Stand der Erkenntnisse bis etwa zum Jahre 1919 in klarer Weise dargelegt. Der eigentliche Bildungsvorgang selbst wurde, wenigstens früher, ausschließlich entweder durch die Blutkörperchenzählung oder die Hämoglobinbestimmung verfolgt. Kommt es nur auf das Endergebnis an, so liefern die erhaltenen Werte wohl ein zutreffendes Bild, aber die eigentliche Analyse des Geschehens geschieht auf diese Weise nicht und es muß manches verhüllt bleiben, da es sich um verwickelte Vorgänge handelt. Die Vorgänge, die sich bei der Blutbildung abspielen, sind chemischer und morphologischer Natur. Das Hämoglobin muß bereitet werden und die zelligen Elemente, welche das Hämoglobin aufnehmen sollen, bedürfen der Bildung. Bleiben wir zunächst einmal bei der Entstehung des Hämoglobins, so handelt es sich um die Bildung eines Körpers, dessen Konstitution wir dank den Arbeiten von *Hans Fischer*, *Küster* und *Piloty* — um nur die letzten Bearbeiter zu nennen — im wesentlichen kennen. Es muß ein Eiweißkörper und ein organischer, eisenhaltiger Farbstoff aufgebaut und zusammengefügt werden. Der Eisengehalt des Farbstoffs, dessen überragende Bedeutung bekannt ist, lenkt unsere Aufmerksamkeit auf den Eisenstoffwechsel. Die Lehre vom Eisenstoffwechsel gehört meines Erachtens an den Anfang jeglicher Betrachtung über die Blutbildung, weil im Vorhandensein des Eisens und der Art des Geschehens an demselben der Anfang und die elementarste Ermöglichungsbedingung der chemischen Seite der Blutbildung vorliegt.

Der erwachsene, gesunde Organismus verfügt über gewisse, offenbar knapp bemessene Eisenmengen. Dies geht deutlich daraus hervor, daß bei mangelnder Zufuhr von Eisen in der Nahrung sofort Eisen eingespart wird, indem die Ausscheidung des Eisens auf einen sehr geringen Wert herabsinkt. Die Eisenausscheidung erfolgt durch den Darm, während die Menge von Eisen, welche auf dem Wege des Harnes den Organismus verläßt, so gering ist, daß sie nicht in Betracht kommt. Bei gesunden Hunden, an denen wir im Berner physiologischen Institut diesbezügliche Untersuchungen anstellten, kamen pro 24 Stunden 1 mg auf den Harn gegenüber 15 mg und mehr im Kot. Die große Befähigung des Organismus, haushalterisch mit seinen Eisenbeständen umgehen zu können, geht auch aus den Untersuchungen von *M. Schmidt* hervor, welcher zeigen konnte, daß ein langdauernder Entzug von Eisen erst in einer nachfolgenden Generation in der Anämie sich zu offenbaren braucht. Freilich gilt diese interessante, über das individuelle Leben hinausgehende chemische Beharrungstendenz zunächst nur für das von *Schmidt* benutzte Versuchstier, die Maus. Man wird, ehe weitere Untersuchungen vorliegen, mit einer Uebertragung auf andere Lebewesen vorerst zurückhaltend sein müssen.

Daß der Darm der eigentliche Ausscheidungsort des Eisens ist, verknüpft die Bedingungen der Blutbildung mit den Zuständen des Darmes. Sobald durch irgendwelche krankhafte Prozesse eine abnorm

gesteigerte Exkretion veranlaßt wird, kann die Eisenausscheidung und somit letzten Endes die Blutbildung beeinflußt werden.

Die Zurückhaltung des Eisens ist, entsprechend der Bedeutung dieses Stoffes für den Organismus, ein Lebensvorgang, insofern er funktionell geregelt wird. In erster Linie dient die Milz dieser Regulierung. In zahlreichen Untersuchungen, die sich bis auf die jüngste Zeit erstrecken, konnte im Berner physiologischen Institut gezeigt werden, daß die Milz Eisen, welches im Stoffwechsel frei wird, dem Organismus erhält, um das Eisen im Falle des Bedarfs zur Verfügung zu stellen. Wird die Milz entfernt, so steigert sich die tägliche Eisenausscheidung im Kot. An milzlosen Tieren ist die Eisenausscheidung besonders groß, wenn die Versuche so geleitet werden, daß der Organismus körpereigene Stoffe abbauen muß, und zwar in erhöhtem Maße als unter normalen Bedingungen. Die gesteigerte Eisenausscheidung kann zur Anämie führen, was wohl diejenigen Beobachtungen erklärt, welche nach Milzexstirpation eine Anämie feststellten. Diese Anämie läßt sich beheben, wenn man dafür sorgt, daß der Organismus reichlich das in Verlust gehende Eisen durch die Nahrung ersetzt erhält. Es kann aber auch der zu große Eisenverlust und somit die drohende Anämie durch die gesteigerte oder Ersatzfunktion anderer Organe verhütet werden. In erster Linie fällt diese Funktion der Leber zu. Sowohl die Arbeiten von *Lepehne* wie diejenigen von *Chevalier* haben auf histologischem Wege den Beweis dafür geliefert, daß zellige Elemente in der Leber — es handelt sich um die retikuloendothelialen Zellen *Aschoffs* oder die Siderozyten *Chevaliers* — in erhöhtem Maße sich am Eisenstoffwechsel beteiligen. Es kommen aber, wenn auch wohl in geringerem Umfange, andere Organstätten in Betracht. Die Befähigung zur Anteilnahme am Eisenstoffwechsel ist dem Grade nach und dem Umfange nach für die einzelnen Individuen und je nach der Tierart durchaus verschieden. Konstitutionellen Momenten kommt eine noch nicht genügend übersehbare Bedeutung zu. Nicht bloß histologisch, sondern auch chemisch lassen sich die geänderten Beziehungen gewisser Organe zum Eisenstoffwechsel nach Exstirpation der Milz erkennen. *Tominaga* zeigte vor kurzem in meinem Institut, daß nach Entfernung der Milz der Eisengehalt der Leber und der Niere, mit mikrochemischen Methoden untersucht, sehr wesentlich zunimmt. Die beiden Fälle haben eine verschiedene Bedeutung. Die Steigerung des Eisengehaltes der Leber ist Ausdruck erhöhter kompensatorischer Funktion, während der gesteigerte Eisengehalt der Niere wohl der Ausdruck verminderten Zurückhaltungsvermögens ist, wie es auch histologisch *Lepehne* an milzlosen Ratten beobachten konnte. Letzteres deshalb, weil die Ratten eine Ausnahmestellung einnehmen, indem bei ihnen die Niere durch die Milzexstirpation stark in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Wir werden später in anderm Zusammenhang nochmals auf die Milz zurückkommen und Versuchsbedingungen schildern, wo infolge Zurückdrängung der Kompensationsmöglichkeiten

im Organismus die große Bedeutung der Milz für die Blutbildung klar zutage tritt. Diese Bedeutung liegt jedoch nicht in der Richtung des eigentlichen Bildungsprozesses, sondern in der Richtung des hier erörterten Eisenstoffwechsels. Die Elementarbedingung, die Bereitstellung des Eisens, ist auf das Tiefgehendste gestört, und zwar in noch tieferer Weise als durch Eisenmangel in der Nahrung. Wir haben hier ein beachtenswertes Beispiel dafür, daß endogene Störungen viel nachhaltiger wirken als exogene.

Die Frage des Eisenstoffwechsels und der Blutbildung kreuzen sich noch einmal bei dem Verfolg des Themas der therapeutischen Beeinflussung von Anämien durch Eisen. Die Aufgabe des Vortragenden muß sich naturgemäß auf die Berücksichtigung von tierexperimentell mit gesicherten Methoden gewonnene Ergebnisse beschränken. *Whipple*, dem wir sehr zahlreiche und wertvolle Untersuchungen über Blutregeneration verdanken, hat in neuester Zeit sehr beachtenswerte Befunde erhoben. Er konnte zeigen, daß nach experimentell erzeugter, kurz dauernder Anämie Eisenmedikation in Form von *Blaud*schen Pillen auf die Blutkörperchenregeneration und Hämoglobinbildung ohne jeglichen Einfluß, während im Gegensatz hierzu bei einer schweren und auf lange Zeit aufrecht erhaltenen Anämie die Eisenmedikation auf die Blutbildung äußerst günstig wirkte. Meines Erachtens erklärt sich die Wirkungslosigkeit der Eisenmedikation bei den weniger hochgradigen Anämien aus dem Walten der vorhin genannten endogenen Kompensationsmöglichkeiten, die hingegen bei den schwersten Anämien den an sie gestellten Aufgaben ohne Beihilfe nicht mehr gewachsen sind.

Der Eisenstoffwechsel wird meist ausschließlich unter dem Gesichtspunkte betrachtet, daß er in der Fortschaffung oder Aufstapelung des aus Hämoglobin freigewordenen Eisens und aus der Herbeischaffung von Eisen in der Nahrung im Dienste des Hämoglobinaufbaues besteht. Dies scheint aber nicht die einzige, wenn auch die quantitativ stärkste, Seite des Eisenstoffwechsels zu sein. Die Bedeutung des Eisenstoffwechsels nach einer ganz andern Richtung hin, erhellt aus den neuesten Erfahrungen über die jetzt sicher nachgewiesene extrahepatische Bildung von Gallenfarbstoff am vollständig leberlosen Hund von *Mann* und *Magath*. Wenn es so feststeht, daß andere Gewebe als die Leber Hämoglobin bis zu eisenfreien Pigmenten abbauen, so fragt es sich, welche funktionelle Bedeutung diesem Abbau zukommt. Ich möchte mich in dieser Hinsicht der Auffassung von *Otto Warburg* anschließen, daß überall bei den Oxydationsprozessen in den tierischen Zellen Eisen der Katalysator sei. Folglich müssen den Zellen die, wenn auch minimalen Quantitäten des Eisenkatalysators zur Verfügung gestellt werden. Dieser Aufgabe dient wohl zum Teil der geringfügige Abbau von Hämoglobin in allen Körperzellen und dieser Abbau macht dieselben für eine gewisse Zeit unabhängig von der Eisenzufuhr in der Nahrung.

Bei der Bedeutung, die wir dem extrahepatischen Hamoglobinabbau beimessen, schien es nicht uninteressant, denselben quantitativ zu verfolgen Es hat daher jungst in meinem Laboratorium Herr Professor *Calvo Criado* aus Valladolid den Hamoglobinabbau verschiedener Gewebsextrakte in vitro spektrophotometrisch untersucht Er fand, daß nicht bloß Leberextrakte, sondern auch andere Gewebsextrakte Hamoglobin rasch abbauen Der Leber am nachsten stehend erwies sich bemerkenswerterweise Extrakt aus menschlicher Haut Von neuem konnte *Calvo Criado* bestatigen, wie sehr ein Zusatz von Milzextrakt zu Leberextrakt den Hamoglobinabbau verstarkt Man wird diese Tatsache bei der Bewertung des Anteils, den die Milz an Blutbildung und Eisenstoffwechsel besitzt, nicht vernachlassigen durfen

Bereitstellung und Erhaltung von Eisen hatten wir als eine der Bedingungen der Blutbildung erkannt Aber es ist nicht die einzige und wohl auch nicht die wesentlichste Denn zur Bildung des komplexen Korpers Hamoglobin und zu dem zur Bildung der zelligen Elemente, welche das Hamoglobin enthalten sollen, gehoren noch andere Faktoren Diese Faktoren sind nicht ausschließlich biochemische, sondern auch konstitutionelle, indem sie die Unversehrtheit und die variable Leistungsfahigkeit der blutbildenden Gewebselemente beanspruchen Diese blutbildenden Gewebe mussen einerseits auf ihre Eigenleistungsfahigkeit hin untersucht werden, andererseits auf ihre etwaige Abhangigkeit von den Momenten, welchen der funktionelle Zusammenhang des Organismus mit sich bringt Die experimentelle Prufung aller dieser Fragen geschieht am besten durch Herstellung von Bedingungen, welche eine Neubildung von Blut fur den normalen Fortbestand des Organismus erfordern Hohe und Sauerstoffmangel, diese beiden interessanten Bedingungen werden von Herrn Kollegen *Burker* behandelt werden Ich werde mich daher auf die Betrachtung der experimentell gesetzten Anamien beschranken Die experimentelle Anamie erfordert die Neubildung von Blut und der Organismus erfullt diese Forderung auch, ja, es gewinnt sogar den Anschein, als ob die Anamie ein fordernder Antrieb zur Neubildung sei, vorausgesetzt, daß es sich um einen normalen Organismus handle und die Milieubedingungen sich nicht allzu weit von der Norm entfernen Man ist bei Verfolg der dargelegten Beziehungen, die dem Pfluger'schen teleologischen Gesetz zu folgen scheinen, dem zufolge das Bedurfnis die Bedingungen zur Befriedigung desselben schafft, zur Auffassung gelangt, daß bei der Anamie und auch bei dem Zerfall von Blutkorperchen Reizstoffe entstehen, welche die blutbereitende Statte zur starkern Blutbildung anregen Wohl die schonste Entdeckung in dieser Richtung ist diejenige der Hamatopoietine, die von *A Loewy* gemacht worden ist Es gelang ihm dadurch, daß er Tiere zwei Tage lang andauernd unter Unterdruck hielt, im Blute Stoffe nachzuweisen, welche eine viel wirksamere Regeneration anamischer Tiere erzeugte als bei anamischen Kontrolltieren Die Rich

tigkeit der *Lawy*'schen Angaben konnte Dr *Nakao* in meinem Institut vollständig bestätigen. Die *Lawy*'schen Hämatopoietine liefern uns ein wirksames Reizmittel, um die Leistungsfähigkeit der blutbildenden Apparate zu prüfen und bereichern unsere derartigen Hilfsmittel, die sich bisher auf die bloße Anämie, den Sauerstoffmangel und das experimentell herbeiführbare Unvermögen zu ergiebiger Oxydation beschränken.

Hat man durch Blutentzug Anämie erzeugt, so ist man in der Lage, namentlich die Ernährungseinflüsse auf die Regeneration des Blutes zu prüfen. In seinen schon vorhin erwähnten Versuchen über Blutregeneration bei hochgradiger experimentell herbeigeführter Anämie ist *Whipple* mit seinen Mitarbeitern u. a. auf den Einfluß der Ernährungsart auf die Blutregeneration eingegangen. Sie konnten zeigen, daß Fütterung mit Rinderleber bei schwersten Anämien eine maximale Regeneration von Hämoglobin und roten Blutkörperchen hervorruft. Reichliche Fütterung mit Rinderleber, zwei Wochen lang durchgeführt, vermochte 90—100 g Hämoglobin über den sogenannten Erhaltungsfaktor zu erzeugen. *Whipple* ist der Meinung, daß die außerordentlich günstige Wirkung der Leberfütterung auf ihrem Gehalt an Pigmentvorstufen beruhe. Ob diese Meinung den Tatbestand erschöpft, sei vorläufig noch dahingestellt, es lassen sich noch andere Möglichkeiten zur Erklärung der günstigen Wirkung von Leberfütterung denken. Viel geringer wirkte Fütterung mit Rinderherzen und noch geringer wirkte mageres Rindfleisch. Nur in den kurz dauernden Anämieversuchen erwies sich die Fütterung mit Rindfleisch einigermaßen günstig. Die geringe Befähigung des Fleisches zur Blutregeneration entspricht nicht ganz der wohl vielfach vertretenen Annahme eines solchen, zu der man wegen des Eisengehaltes und wegen des Pigmentes in den Muskeln, dessen genauere Beziehungen zum Hämoglobin immer noch nicht hinreichend geklärt sind, gelangt ist.

An einer Klimatologentagung ist es wohl angebracht, daß auch der Experimentalforscher die klimatischen Faktoren nicht ganz übergeht, die an der Blutbildung beteiligt sind. Freilich sind dessen Möglichkeiten, nach dieser Richtung hin Erfahrungen zu machen, beschränkter als diejenigen des Arztes. Immerhin ist auch im Tierexperiment sehr deutlich erkannt worden, daß Licht und Luft sehr wichtige Faktoren sind, um die Blutbildung zu beeinflussen. Es möge nicht auf Einzelheiten eingegangen werden, aber es sei doch darauf hingewiesen, daß neuerdings der große Einfluß der Strahlung auf eine andere Funktion desjenigen Gewebes erkannt worden ist, dem im erwachsenen Zustande die eigentliche Blutbildung zukommt, nämlich dem Knochen. Wir wissen, daß die im Tierexperiment erzeugte Rachitis und verwandte Abartungen der normalen Knochengestaltung im günstigen Sinne durch das Licht beeinflußt werden können. Ja, amerikanische Autoren gehen sogar so weit — meiner Meinung nach nicht ganz mit Recht —, daß sie jene eigenartigen Knochenmißbil-

dungen, welche von *Basch Klose* und *Matti* an ganz frühzeitig thym ektomierten Tieren beobachtet wurden, ausschließlich als Stallprodukte auffassen, die bei genügend Licht, Luft und Bewegung nicht auftreten

Da das Knochenmark beim ausgewachsenen Tier die Hauptbildungsstätte des Blutes ist, erscheint es als eine der nächstliegendsten Aufgaben, zu untersuchen von welchen Bedingungen die Leistungsfähigkeit des Knochenmarks als blutbildendem Organ abhängt Mögen Nährstoffe und Milieubedingungen noch so günstig sein, sie vermögen nichts zu bewirken, wenn die blutbildenden Elemente biologisch unwertig sind Es sei mir vergönnt, auf neu erforschte korrelative und konstitutionelle Abhängigkeiten des blutbildenden Apparates einzugehen, mit denen wir uns im Laufe der letzten Jahre im Berner physiologischen Institut beschäftigt haben Vergleicht man nach einer experimentell gesetzten Anämie bei einem Normaltier und einem schilddrüsenlosen Tier den Verlauf der Blutregeneration, so ist dieselbe beim schilddrüsenlosen Tier, welches sonst unter ganz gleichen Bedingungen lebt und keinerlei Krankheitserscheinungen zeigt, wesentlich verzögert Diese Verzögerung wird noch erheblich größer, wenn außer der Schilddrüse noch die Thymus entfernt wird In recht exakter Weise läßt sich die Unterwertigkeit des schilddrüsenlosen und thymuslosen Tieres mit Hilfe der *Loewy*schen Hämatopoietine darlegen *Nakao* und ich fanden, daß am schilddrüsen und thymuslosen Kaninchen die Hämatopoietine fast gänzlich versagten Nicht bloß diese Tatsache, sondern auch andere Erfahrungen leiten zu dem Schlusse, daß die Unterwertigkeit des Knochenmarks es ist, welche sich in der Reaktionsträgheit gegenüber den Hämatopoietinen dokumentiert Experimentell ließ sich dies auf folgende Weise sichern, oder zum Mindesten sehr wahrscheinlich machen Injizierten wir nukleinsaures Natrium, so kam es am Normaltier zu einer Hyperleukozytose, zu einer Vermehrung derjenigen lymphatischen Zellen die als Knochenmarksgebilde angesprochen werden Auch diese Reaktion schwindet, sobald die Schilddrüse und die Thymus entfernt worden sind Die konstitutionelle Veränderung infolge Wegnahme von diesen beiden Organen mit innerer Sekretion ist so tiefgreifend daß die Frage aufgeworfen werden konnte, ob wirklich nur die Unterwertigkeit des Knochenmarks die Ursache für das Darniederliegen der Blutbildung sei Angesichts dieses Bedenkens hat *Nakao* noch durch die histologische Untersuchung den Beweis erbracht, daß das Bild des Knochenmarks nach Nukleinsäureinjektion beim Normaltier und beim schilddrüsenlosen und thymuslosen Tier ein verschiedenes ist

Die mitgeteilten Erfahrungen lehren, daß Schilddrüse und Thymus einen maßgebenden Einfluß auf das Vermögen zur Blutbildung besitzen, wobei der Schilddrüse der Hauptanteil zufällt Aber auch die Milz besitzt einen eigenartigen Einfluß auf die Blutbildung, wobei die Verhältnisse ziemlich verwickelt sind Wir hatten

fruher schon gesehen, daß die Entfernung der Milz wegen des Eisenverlustes ungunstig auf die Blutbildung wirken kann, wenn dieser Verlust nicht kompensiert wird. Es gibt jedoch noch einen andern Weg, um den ungunstigen Einfluß der Milzexstirpation auf die Blutbildung zu erkennen. Derselbe besteht darin, daß man der Exstirpation der Schilddruse und der Thymus noch diejenige der Milz hinzufugt. Handelt es sich dabei um Tiere, denen bei den voraufgehenden Untersuchungen, nach Exstirpation der beiden erstgenannten Organe, mehrfach Blut zu Untersuchungszwecken entzogen worden ist, so gehen die Tiere nach der Milzexstirpation unfehlbar in kurzer Zeit zugrunde. Die Veranlassung hierzu ist die, daß die der drei Organe beraubten Tiere die Blutentzuge, die zur Untersuchung erforderlich sind, nicht ertragen. Solche Erfahrungen scheinen der Ansicht recht zu geben, daß die notwendige Folge einer Milzexstirpation eine Anamie sei. In Wirklichkeit liegen die Dinge aber ganz anders, denn andrerseits wirkt die Milzexstirpation fordernd auf die Blutbildung ein. In erster Linie sei die von *Nakao* und mir gefundene Tatsache hervorgehoben, daß die nach Schilddrusen- und Thymusexstirpation verschwundene Reaktion auf Nukleinsaure wiederkehrt, wenn zudem noch die Milz entfernt wird. Auch die histologische Untersuchung des Knochenmarks zeigt deutlich die Wiederkehr der Anspruchsfahigkeit des Knochenmarks. Aehnliches laßt sich auch hinsichtlich der Hamopoietinwirkung konstatieren. Die Reaktionslosigkeit des schilddrusen- und thymuslosen Tieres gegenuber den Hamopoietinen weicht einer deutlichen Anspruchsfahigkeit, allerdings geringer als unter normalen Bedingungen, wenn die Milzexstirpation hinzugefugt wird. Um aber diesen gunstigen Einfluß der Milzexstirpation erkennen zu konnen, bedarf es in der Vorperiode der außersten Zuruckhaltung mit den Blutentzundungen. Meiner Auffassung nach beruht das Zugrundegehen der Tiere nach der dreifachen Exstirpation und mehrfachem Blutentzug darauf, daß eine ganze Reihe von Korperfunktionen, von denen einige keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der Blutbildung haben, so sehr beeintrachtigt werden, daß der Organismus den ihm gestellten Aufgaben nicht mehr gewachsen ist. Die primare Wirkung des bloßen Milzentzuges ist, wenn man von dem Einfluß auf den Eisenstoffwechsel absieht, eher eine fordernde auf die Blutbildung, bezw. auf die Erhaltung einer bestimmten Hamoglobinmenge. Dies lehrt schon *Pugliese*'s fruhere Beobachtung von der Abnahme der Gallenfarbstoffbildung durch die Milzexstirpation, denen sich eine Reihe von Erfahrungen aus dem Berner physiologischen Institut anschloß, welche zu dem Schlusse fuhrten, daß die Milz einen regulierenden Einfluß auf die Blutbildung im Sinne der Hemmung ausube. Es ist der Fortfall dieser Hemmung, der sich in der Wiederkehr einer gewissen Funktionstuchtigkeit des Knochenmarks offenbart, wenn die Milzexstirpation auf diejenige der Schilddruse und der Thymus folgt. Von den fruhern Beweisen, welche wir fur einen gewissen hemmen-

den Einfluß der Milz erbracht haben, sei der erwahnt, daß *Sollberger* und ich fanden, daß nach kleinem Blutentzug das milzlose Tier rascher und ubermaßiger Blut regeneriert, wenn nur dafur gesorgt wird, daß hinreichend Eisen in der Nahrung zur Verfugung steht

Das Ovarium zeigt im Tierexperiment keine erkennbaren Beziehungen zur Blutbildung und namentlich nicht zum Eisenstoffwechsel Bei Tieren, denen man das Ovarium exstirpiert hat, zeigt sich im Eisengehalt des Blutes und der verschiedenen Organe, wie *Tominaga* fand, kein Unterschied gegenuber dem normalen weiblichen Tier

Das Problem der Blutbildung ließe sich noch von manchen Seiten her beleuchten, wie es gegenuber einem so verwickelten biologischen Prozeß, wie die Blutbildung einer ist, sich geziemt Ich habe mich auf solche Fragen des Problems beschrankt, denen augenblicklich besonders die Aufmerksamkeit der experimentellen Forscher zugewendet worden ist Wenn ich in diesem engen Rahmen habe zeigen konnen, daß Bedingungen der Ernahrung, Bedingungen des außern Milieus und Bedingungen der Konstitution, wie sie namentlich von Drusen mit innerer Sekretion geschaffen werden, fur die Blutbildung bedeutungsvoll sind, so moge dies wenigstens das Gute an sich haben, daß offenbar wird, wie selbst ein scheinbar einfacher biologischer Vorgang erst richtig gewurdigt werden kann, wenn man ihn in seinem naturlichen Zusammenhang mit dem Getriebe des Gesamtorganismus zu betrachten und zu bringen versteht

---

Das Blut unter dem Einfluß des Hohenklimas

Von Professor Dr *K Burker* Gießen

Das experimentelle Studium der physiologischen Wirkungen des Hohenklimas auf das Blut ist so recht ein Beispiel dafur, von welchen Zweifeln und Noten auch die Wissenschaft gepackt werden kann Die anfanglich behauptete starke Wirkung dieses Klimas auf das Blut ist spater vermißt, von Skeptikern sogar ganz geleugnet worden Vor gerade 15 Jahren, im August und September 1910, haben wir hier im Sanatorium Schatzalp nach jahrelanger Vorbereitung der Methodik und unter Benutzung der damals besten Apparate eine Entscheidung herbeizufuhren versucht[1]), und ich mochte mir erlauben darzulegen, ob diese Entscheidung auch fur heute noch zutrifft oder nicht Es sei mir ferner gestattet, auf die Ergebnisse neuerer hamatologischer Untersuchungen hinzuweisen, die nicht ohne Bedeutung fur das weitere Studium der physiologischen Wirkungen des Hohenklimas auf das Blut sein durften

Das *Resultat der wahrend 4 Wochen an 4 Versuchspersonen taglich durchgefuhrten Blutuntersuchungen* war, daß alle, welche den Hohenwechsel durchgemacht und unter dem Einfluß des Hohenklimas gestanden hatten, ihr *Hamoglobin* (Hb) *absolut vermehrt* hatten, und zwar um 7,8—10,7 %

Die Versuchsperson mit dem von vornherein geringsten Hbgehalt hatte am starksten, die mit dem hochsten am schwachsten reagiert Die Zunahme auf der Schatzalp war schon am Tage nach der Reise deutlich ausgesprochen, vorubergehend kam es aber in den nachsten Tagen zu einer Abnahme, der ein definitives, fast stetiges Ansteigen folgte In der zweiten Woche wurde ein Hohepunkt erreicht, der in der dritten und vierten ziemlich beibehalten oder auch noch etwas uberschritten wurde Nach der Ruckkehr ins Tiefland sank der Hb-gehalt bei allen Versuchspersonen, aber viel weniger als er

---

[1]) *K Burker E Joos E Moll* und *E Neumann* Die physiologischen Wirkungen des Hohenklimas II Die Wirkungen auf das Blut gepruft durch tagliche Erythrocytenzahlungen und tagliche qualitative und quantitative Haemoglobinbestimmungen im Blute von vier Versuchspersonen wahrend eines Monats Zeitschr f Biologie *61* 379 1913

beim Uebergang ins Hochgebirge gestiegen war, und zeigte gar einen Monat später höhere oder fast gleich hohe Werte wie im Hochgebirge.

Daß es sich dabei um absolute und nicht um relative Aenderungen handelte, ging schon daraus hervor, daß Hb-gehalt und Erythrozytenzahl nicht in gleichem Maße zunahmen. Durch Refraktometrie des Plasmas bezw. Serums konnte seitdem auch festgestellt werden, daß eine Eindickung des Blutes nicht in Betracht kommen kann. Auch um eine Auspressung von Plasma aus dem Gefäßsystem oder um eine Ansammlung von Erythrozyten in den peripheren Gefäßen handelt es sich im wesentlichen nicht, denn, wie früher schon *A. Jaquet* und *F. Suter* bei Kaninchen, hat neuerdings *F. Laquer* bei sich selbst eine Zunahme des Gesamt-Hb konstatiert.

Es ist mir keine unterdessen erschienene Arbeit bekannt geworden, welche zu Zweifeln an den erzielten Resultaten Anlaß geben könnte.

Was die *Erythrozytenzahl* betrifft, so reagierten alle drei Versuchspersonen mit einer Zunahme, aber die Versuchsperson mit der von vornherein niedersten Erythrozytenzahl reagierte am stärksten, mittlere wöchentliche Zunahme im Maximum 11,5%, während die beiden andern mit an sich höhern Erythrozytenzahlen schwächer reagierten, Zuwachs nur 4,6 bezw. 4,0%.

Der Gang der Zunahme scheint ein ähnlicher zu sein wie beim Hämoglobin, es war dies nur bei der Unmöglichkeit, jeden Tag viermal 320 Quadrate auszuzählen, nicht genau festzustellen, im allgemeinen pflegt die Erythrozytenzahl labiler als der Hb-gehalt zu sein. Auffallend war, wenigstens bei zwei Versuchspersonen, die starke Nachwirkung einen Monat nach der Rückkehr ins Tiefland.

Auch diese die Erythrozytenzahl betreffenden Resultate stehen nicht im Widerspruch mit seither erzielten Werten, fanden vielmehr mehrfach Bestätigung. Bei schwächlichen Versuchspersonen mit kleiner Erythrozytenzahl im Tiefland pflegt die Reaktion stärker zu sein. Daß die *Thoma-Zeiß*'sche Zählkammer bei der gewöhnlichen Art der Zusammensetzung zu hohe Erythrozytenzahlen gibt, darauf sei noch besonders hingewiesen.

Der für hämatologische Untersuchungen so wichtige *mittlere Gehalt eines Erythrozyten an Hämoglobin* (Hb_E-gehalt) zeigte bei den verschiedenen Versuchspersonen ein bemerkenswert verschiedenes Verhalten. Die kleinere und leichtere Versuchsperson hielt an dem Ausgangswert $30,3 \cdot 10^{-12}$ g auch im Hochgebirge ziemlich zäh fest, sie vermehrte also Hb-gehalt und Erythrozytenzahl in gleichem Maße und hat damit ihr Hämoglobin auf eine größere Oberfläche ausgebreitet. Bei den größeren und schwereren Versuchspersonen stieg, prozentisch berechnet, der Hb-gehalt fast doppelt so stark als die Erythrozytenzahl an, so daß also der Hb_E-gehalt zunehmen mußte und zwar um 6,0, bezw. 4,4%. Auffallend war bei letzteren Versuchs-

personen auch die starke Nachwirkung einen Monat nach der Rückkehr ins Tiefland.

Diese Ergebnisse decken sich im allgemeinen mit den von *M. M. Craandyk* und *W. Knoll* erzielten.

Damit scheint mir *die Frage nach dem Ausmaß der physiologischen Wirkungen des Höhenklimas auf den Hb-gehalt und die Erythrozytenzahl des Blutes für die Höhe von Davos geklärt* zu sein. Daß dabei die *Luftdrucksenkung und Sauerstoffverarmung das ursächliche Moment* für diese Blutveränderung abgibt, dürfte nunmehr sicher sein, da künstlich im Tiefland bewirkte Luftdrucksenkung zu den gleichen Resultaten führt und Atmung von reinem Sauerstoff, wie das schon *A. v. Koranyi* gezeigt hat, sie wieder rückgängig macht. Die Dissoziationskurve des Oxyhämoglobins kann für die Beurteilung des funktionellen Geschehens allein nicht maßgebend sein, der Sauerstoff muß doch im bewegten Erythrozyten die Lipoidmembran desselben und die aus Zellen bestehende Kapillarwand passieren, um zu den Körperzellen zu gelangen. Ich glaube auch annehmen zu dürfen, daß die *Sonnenstrahlung*, der wir uns bei unsern Versuchen nicht besonders ausgesetzt hatten, ohne wesentlichen Einfluß auf den Hb-gehalt und die Erythrozytenzahl ist, denn Strahlungsversuche mit der künstlichen Höhensonne, die *K. Berner* in der Chirurgischen Klinik in Tübingen durchführte, ließen bei Anwendung meiner Methodik keine Einwirkung auf Hb-gehalt und Erythrozytenzahl erkennen, wohl aber auf die Leukozyten. Ob der Angriffspunkt des Reizes direkt im Knochenmark oder, wie *G. Mansfeld*, *M. Gutstein* und *L. Asher* und seine Schule es annehmen, in der Schilddrüse zu suchen ist, die ihrerseits hormonal auf das Knochenmark einwirkt, bedarf noch der definitiven Entscheidung.

Nun zu einigen *neueren Ergebnissen*, die, auf das unter dem Einfluß des Höhenklimas stehende Blut angewendet, vielleicht Einblick in die feineren Vorgänge bei der Blutreaktion im Hochgebirge gewähren.

Bei vergleichenden Blutuntersuchungen im Gießener Physiologischen Institut hat sich uns ein *auffallendes Gesetz* ergeben, welches folgendermaßen lautet:

Ist die mittlere absolute Erythrozytenzahl und der mittlere absolute Hb-gehalt bei Menschen und bei Säugetieren auch noch so verschieden, so fällt doch auf die Einheit der Oberfläche all dieser Erythrozyten, auf 1 μ^2, die ungefähr gleiche Hämoglobinmenge von $31{,}7 \cdot 10^{-14}$ g oder mit anderen Worten, es verhalten sich die mittleren absoluten Hb_E-gehalte beim Menschen und bei den Säugetieren wie die Quadrate der Durchmesser ihrer Erythrozyten. Es sei dieses Gesetz *Hämoglobin-Verteilungsgesetz* genannt.

$$\text{Es ist also } \frac{Hb_E}{O_E} = \text{konstant} = 31 \cdot 10^{-14} \text{ g}$$

und ferner der Hb_F-gehalt fur ein Saugetierblut lediglich aus dem mittleren Durchmesser seiner Erythrozyten auf Grund folgender Beziehung zu ermitteln

$$Hb_{Es} = \frac{Hb_{Em} \quad D_s^2}{D_m^2}$$

worin Hb_{Em} den bekannten Hb_E gehalt des menschlichen Erythrozyten, D_m den bekannten Durchmesser desselben und D_s den gemessenen mittleren Durchmesser des betreffenden Saugetiererythrozyten bedeutet *Das Hamoglobin ist also in einer auffallend gleichmaßigen Weise auf die Oberflache von Menschen und Saugetiererythrozyten verteilt und diese Verteilung muß zweifellos einen tieferen biologischen Sinn haben*

Es fragt sich nun, wie verhalt sich das Blut in dieser Beziehung im Hochgebirge, bleibt das Hamoglobin pro μ^2 Oberflache konstant oder nimmt es zu oder ab? Eine genauere Antwort laßt sich darauf noch nicht geben, da meines Wissens vergleichende Untersuchungen uber die Dimensionen der Erythrozyten im Tieflande und Hochgebirge zusammen mit Hb bestimmungen und Erythrozytenzahlungen nicht vorliegen In jungster Zeit wurden im Gießener Physiologischen Institut durch *L Horneffer* die Werte fur 20 Studenten und 20 Soldaten im Alter von 20—30 Jahren bestimmt, um Standardwerte fur das Tiefland zu gewinnen, die folgende Tabelle enthalt die erzielten Resultate

Mittlere Werte gewonnen aus der Untersuchung von	Hämoglobin in g in 100 ccm Blut	Erythrozytenzahl in Millionen in 1 cmm Blut	Mittlerer Hämoglobingehalt eines Erythrozyten in 10^{-12} g	Mittlerer Durchmesser eines Erythrozyten in μ	Mittlere Oberfläche eines Erythrozyten in μ^2	Hämoglobin pro μ^2 Oberfläche in 10^{-14} g
	Hb	E	Hb_E	D_E	O_E	$\frac{HB_E}{O_E}$
20 Studenten	16,25	5 00	33	8 15	104 4	31
20 Soldaten	15 80	4 92	32	8 14	104 0	31
Gesamtmittel	16 03	4 96	32 5	8 15	104 2	31

Jedenfalls kommt es unter dem Einfluß des Hohenklimas zu einer *Vergroßerung der sauerstoffubertragenden Oberflache des Blutes* und es ware nicht ohne Interesse diese Oberflache *in Beziehung* zu anderen funktionell wichtigen Oberflachen, wie zur *respiratorischen Oberflache der Lungen und zur Sauerstoff durchlassenden Oberflache der Kapillaren* zu bringen

Daß in der Tat eine Korrelation zwischen Oberflachen besteht, welche funktionell mit einander zu tun haben wurde fruher schon

von mir und meinen Mitarbeitern *R Ederle* und *F Kircher* gezeigt Verkleinert man namlich die respiratorische Oberflache der Lungen durch einseitigen Pneumothorax, so geht offenbar kompensatorisch die Sauerstoff ubertragende Oberflache im Blute in die Hohe, es besteht also eine *funktionelle Koppelung dieser Oberflachen* Man wird in Hinsicht auf die Untersuchungen von *A Krogh* erwarten durfen, daß eine solche Koppelung auch gegenuber der Sauerstoff durchlassenden Oberflache der Kapillaren hergestellt ist Jedenfalls ergeben folgende Ueberschlagsrechnungen bemerkenswerte Beziehungen

Nehmen wir einmal an, der Aortenquerschnitt betrage 8 cm² bezw 800 mm², was einem inneren Durchmesser von 32 mm entsprechen wurde Der Gesamtquerschnitt der aus der Aorta hervorgehenden *Korperkapillaren* sei 500mal großer als der der Aorta selbst, dann ware die Zahl dieser Kapillaren bei einem Durchmesser der Kapillare von 10 μ auf etwa *5 10 Milliarden* zu schatzen, hintereinander angeordnet wurden diese Kapillaren, von denen jede im Mittel etwa 0,5 mm lang ist, ein *Kapillarrohr von 2550 km Lange* ergeben

Die innere Oberflache einer Kapillare errechnet sich zu 0,0157 mm, die *5 10 Milliarden Kapillaren des Korperkreislaufes* wurden also dem darin befindlichen Gesamtblute eine *Oberflache von 80 m²* darbieten Diese innere Oberflache ist 1,6 millionenmal großer als die eines gleich langen Stuckes Aorta, sie ist ferner von etwa derselben Großenordnung wie die *innere respiratorische Oberflache der Lungen* die zu *90 m²* angegeben wird

Bei einem Inhalt der 0,5 mm langen Kapillare von 0,0000393 mm³ betragt die Erythrozytenzahl in diesem Volumen Blut etwa 197 und die Oberflache dieser Erythrozyten, die eines Erythrozyten zu 125 μ^2 angenommen, 0,0246 mm², ist also von derselben Großenordnung wie die innere Oberflache der Kapillare selbst von 0,0157 mm² Die Kapazitat der *5 10 Milliarden Kapillaren des Korperkreislaufs* betragt 0,20 l Blut oder etwa $^1/_{25}$ des Gesamtblutes *mit einer Oberflache der darin befindlichen Erythrozyten von 125 m²*

Fur den *Gasaustausch in den Kapillaren* ist es nun von fundamentaler Bedeutung, daß dort die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut stromt, bei dem 500mal großeren Gesamtquerschnitt 500mal kleiner als in der Aorta sein muß und nur 0,8 mm pro Sekunde betragt, der Erythrozyt verweilt also etwas uber 0,6 Sekunde in der Kapillare Es fragt sich nun, ob in dieser kurzen Zeit der Gasaustausch vor sich gehen kann, das muß, jedenfalls was den Sauerstoff betrifft, bejaht werden, denn vor den Kapillaren zeigt das gelbrote Blut, mit dem Mikrospektroskop beobachtet, das Spektrum des Oxyhamoglobins, hinter den Kapillaren das blaurote Blut aber das Spektrum des reduzierten Hamoglobins, es ist aber auch das des Oxyhamoglobins noch sehr deutlich zu sehen Die fur die Sauerstoffabgabe zur Verfugung stehende Zeit ist eben doch recht kurz

Welch *besondere Verhältnisse* übrigens hier *bei der Feinheit der Kapillaren* vorliegen, ergibt sich aus einer neuerdings von *O. Zoth* durchgeführten Berechnung, nach der 1 mm³ Blut nicht weniger als 4 Stunden und 27 Minuten braucht, um den Querschnitt einer Kapillare zu passieren.

Die vorausgehenden Berechnungen legen die *Annahme einer Anpassung der Sauerstoff übertragenden Oberfläche des Blutes an die Sauerstoff durchlassende Oberfläche der Kapillaren* nahe. Ob letztere regulatorisch wie erstere veränderlich ist, bedarf noch genauerer Untersuchungen, nach den *Krogh*'schen Beobachtungen muß man es annehmen.

Demnach stehen *in funktioneller Beziehung zu einander die respiratorische Oberfläche der Lungen mit 90 m², die Sauerstoff übertragende Oberfläche des in den Kapillaren befindlichen Blutes von 125 m² und die Sauerstoff durchlassende Oberfläche der Kapillaren von 80 m²*, man sieht, die doch nur schätzungsweise anzugebenden Werte liegen in der Größenordnung, im Mittel etwa je 100 m², einander nahe, was kein Zufall sein kann. Es empfiehlt sich wohl, solche Oberflächen funktionell gekoppelte Oberflächen zu nennen, und es fragt sich nun, wie sie sich unter dem Einfluß des Höhenklimas verhalten, muß doch alle diese Oberflächen der so lebenswichtige Sauerstoff auf dem Wege zu den Körperzellen passieren. Ich erlaube mir daher, das *Problem* aufzustellen, das funktionelle Geschehen in den Kapillaren auch in Hinsicht auf das Hämoglobin-Verteilungsgesetz genauer zu verfolgen, um die physiologischen Wirkungen des Höhenklimas auf das Blut dem Verständnis noch näher zu bringen.

Klima und Stoffwechsel

Von *Fritz Laquer*

Es bedarf keiner großen Ueberlegung, um zu erkennen, daß auf die Frage, in welcher Weise das Klima auf den Stoffwechsel einwirkt, mindestens ebenso viele Antworten moglich sind, als es verschiedene Klimata gibt, wahrscheinlich aber noch mehr Denn auch auf der Seite der Wirkungen, eben dem, was wir Stoffwechsel nennen, finden wir eine Fulle unterscheidbarer Faktoren, die durchaus nicht immer einheitlich auf die verschiedenen Klimareize reagieren

Ferner hat sich in neuerer Zeit der Schwerpunkt der Stoffwechselforschung selbst vielfach verschoben Von der Bilanz des *Gesamtstoffwechsels* sind wir auf der Einnahmenseite ebensogut uber die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Nahrungsstoffe unterrichtet, wie wir auf der Ausgabenseite ihre endgultigen Umwandlungen als Arbeitsleistung, Warmebildung und ungenutzte Ausscheidung beobachten und messen konnen

Aber der auf eine nie zu Ende kommende analytische Unterteilung eingestellte wissenschaftliche Erkenntnisdrang begnugt sich nicht, um im kaufmannischen Bilde zu bleiben, mit den beiden Soll und Habenseiten des Hauptbuches Er will moglichst Kenntnis haben von jedem Einzelvorgang des Getriebes Hierzu muß man sich in das neuere, wesentlich unentwickeltere und verwickeltere Gebiet des *intermediaren* Stoffwechsels begeben, um mit zum Teil vollig andern Methoden Aufschlusse uber die verschlungenen Wege zu gewinnen, welche die Molekule der Nahrungsstoffe innerhalb des Organismus einschlagen, ehe sie endgultig als Stoffwechselendprodukte ausgeschieden werden

Fragestellungen und Methoden des intermediaren Stoffwechsels sind bisher, soviel ich sehe, nur im *Hohenklima* experimentellen Untersuchungen zugrundegelegt worden Am Schlusse meines Vortrages werde ich mir erlauben, gerade auf dieses Gebiet etwas ausfuhrlicher einzugehen Vorher mochte ich Ihnen einen gedrangten Ueberblick, dessen Luckenhaftigkeit ich mit der notwendigen Kurze zu entschuldigen bitte, daruber geben, was man von den Einwirkungen der verschiedenen Klimata auf den Gesamtstoffwechsel weiß

Bei diesen Untersuchungen wurden zunächst berücksichtigt der *Grund*stoffwechsel, worunter man bekanntlich den Kalorienverbrauch eines nüchternen Menschen bei völliger Körperruhe versteht. Er läßt sich leicht aus Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureproduktion errechnen. Oft schließen sich hieran Untersuchungen des *Arbeitsstoffwechsels*, bei denen festgestellt wird, ob zur Leistung bestimmter leicht meßbarer Arbeiten unter den verschiedenen klimatischen Einflüssen unterschiedliche Wärmemengen notwendig sind, mit anderen Worten, mit welcher Oekonomie die Körpermaschine in dem betr. Klima arbeitet. Die Untersuchung des *Baustoffwechsels* erstreckt sich meist nur auf das Schicksal der Eiweißkörper; eine positive oder negative Stickstoffbilanz entscheidet im allgemeinen mit genügender Sicherheit darüber, ob der Körper wichtiges Zellmaterial verbraucht oder neues bildet oder sich im Gleichgewicht befindet. Andere Untersuchungen über den Schwefel-, den Phosphor-, den Mineralstoffwechsel usw. sind wesentlich seltener ausgeführt worden. Wir können sie außerhalb unserer Betrachtungen lassen, besonders da sie zum Teil an anderen Stellen der Tagung gewürdigt werden.

A. *Der Gesamtstoffwechsel*

1. Das Tropenklima

Ueber das *Tropenklima*, um mit dem uns hier am fernsten liegenden zu beginnen, existieren ziemlich viele Untersuchungen, schon wegen der großen praktischen Bedeutung, welche die Frage nach der klimatischen Wirkung der Tropen für alle Völker hat, welche Kolonien besitzen oder besessen haben.

Hinsichtlich des *Grundstoffwechsels* ist die Beantwortung nicht ganz einheitlich ausgefallen. Auf der einen Seite stehen die langjährigen Untersuchungen des bekannten Beri-Beri-Forschers *Eijkman*, der in Niederländisch-Indien bei Eingeborenen und Europäern den gleichen Erhaltungsumsatz von 40 Kal. pro kg Körpergewicht fand wie im gemäßigten Klima. Auch die Durchschnittsnahrung der dort lebenden Bevölkerung ist unter Berücksichtigung ihrer beruflichen Arbeit in ihrem Kaloriengehalt nicht wesentlich von der unsrigen unterschieden. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch *Caspari* und *Schilling* in Westafrika.

Demgegenüber stellte *Almeida* in Brasilien sowohl bei Eingeborenen wie bei Europäern eine Herabsetzung des Grundumsatzes um 34% fest, eine Differenz, die allerdings in späteren Veröffentlichungen auf etwa 15% heruntergeschraubt wurde. Auch *Knipping* kam zu der Ansicht, daß nach vielmonatlichem Tropenaufenthalt der Grundstoffwechsel von Europäern unter die Norm sinke, während er anfänglich gesteigert sei. Vielleicht verhalten sich die Klimata in den verschiedenen tropischen Gegenden nicht gleichmäßig. Es ist auch sehr gut möglich, daß die einzelnen Individuen unterschiedlich reagieren, wobei vielleicht endokrin bedingte konstitutionelle Unterschiede eine Rolle spielen. Hierauf hat *Balfour* neuerdings wieder zusammenfassend hingewiesen. Von berufener Seite werden wir über dieses Thema noch unterrichtet werden.

Dafür, daß körperliche Arbeit besonders vom Europäer in den Tropen unökonomischer geleistet wird als in den gemäßigten Zonen, spricht schon die praktische Erfahrung über die Unmöglichkeit europäischer Arbeiter in der teilweise mächtig aufblühenden überseeischen Industrie zu beschäftigen. *Eijkman* führt das vor allem auf die höhere Außentemperatur zurück. Denn in Holland angestellte Gaswechselversuche beim Radfahren ergaben eine beträchtliche Zunahme des Energieverbrauches, sobald die Temperatur des Raumes die Grenze von 22° (C.) überschreitet. Nach demselben Forscher besteht die Ueberlegenheit des farbigen Eingeborenen gegenüber dem Weißen darin, daß er bei körperlicher Arbeit, ohne starker schwitzen zu müssen, von der Haut aus größere Wärmemengen abgeben kann als der Europäer.

Aenderungen der Stickstoffbilanz sind im Gegensatz zu den alteren Angaben *Glogner*s von keinem der spateren Untersucher bestatigt worden Die einzigen hier unternommenen Tierversuche hat jungst *Lundstrom* in in einem kunstlichen Tropenklima angestellt Mehrere Generationen hin durch in feuchter Hitze gezogene weiße Mause blieben im allgemeinen etwas im Wachstum zuruck

Mit dem Stoffwechsel im *Wustenklima* das hier kurz anzuschließen ist wobei betont sei daß es sich vom Tropenklima in sehr wesentlichen Punkten vor allem im Feuchtigkeitsgehalt der Luft unterscheidet — beschaftigt sich soweit ich sehe nur eine einzige Expedition die *Loewy Bickel Wohlgemuth* und *Schweizer* 1914 nach Egypten fuhrte Ihre Ergebnisse sind bisher nur teilweise veroffentlicht worden Im großen und ganzen ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede vor allem keine Steigerungen des Gesamtstoffwechsels gegenuber dem gemaßigten Klima Der Gesamtumsatz war bei drei Teilnehmern herabgesetzt die Ausnutzung der Nahrung war die gleiche wie in Berlin, die Stickstoffbilanz war genugende Wasserzufuhr vorausgesetzt negativ ein Mitglied berichtet uber eine bemerkenswerte Steigerung seiner am Ergographen gemessenen Leistungsfahigkeit

2 Das Seeklima

Wesentlich reicher ist wieder das Material das uber die physiologischen Wirkungen des Seeklimas zusammengearbeitet worden ist Hierbei hat sich herausgestellt vor allem aus den Untersuchungen von *Loewy Muller Cronstein* und *Bornstein* daß die Einwirkungen auf den Stoffwechsel außerordentlich verschieden sind je nach der Starke mit der man die kraftigen Klimareize des Meeres auf sich wirken laßt Die starkste Steigerung des Gaswechsels findet man nach Seebadern sie ist noch mehrere Stunden nach dem Bade festzustellen

Bestimmt man dagegen den Stoffwechsel auf hoher See wie das *Zuntz* und *Durig* auf der Ueberfahrt nach Teneriffa an Bord ihres Schiffes taten so findet man keine wesentlichen Erhohungen weder im Gesamt noch im Eiweißstoffwechsel

In den letzten Jahren hat sich die Seeklimaforschung unter starker Betonung sozialer Gesichtspunkte besonders mit schwachlichen und unterernahrten Kindern in Seehospizen beschaftigt (*Muller Haeberlin Kestner* und viele andere) Hierbei wurden gewaltige Steigerungen des Nettoumsatzes beispielsweise von 1500 auf 2700 Kal pro Tag festgestellt, oft begleitet von einem erfreulichen N S und P Ansatz

Gerade bei diesen und ahnlichen Messungen hat man haufig versucht das Klima als solches moglichst frei von Nebenwirkungen herauszuschalen beispielsweise an der See den Einfluß von Licht- und Luftreizen auszuschalten, im Hochgebirge wo uns genau die gleichen Fragen begegnen werden, ebenfalls die starken Hautreize und die mit dem Bergsteigen verknupften korperlichen Anstrengungen

M H Diese Unterscheidung zwischen Haupt und Nebenwirkungen des Klimas oder vielleicht richtiger gesagt zwischen unvermeidbaren Klimafaktoren die unter allen Umstanden auf den Menschen einwirken und vermeidbaren die man mehr oder weniger freiwillig aufsuchen kann oder nicht scheinen mir etwas kunstlich zu sein von Theoretikern am Schreibtisch ausgedacht

In der Praxis und die Klimaforschung muß sich auch nach praktischen Gesichtspunkten richten kommt glucklicherweise ein Klima ohne Nebenwirkungen nicht vor Wer an die See geht macht nicht die Fenster zu sondern laßt Licht und Luft herein lauft am Strande umher und nimmt Seebader, wenn es sein korperlicher Zustand gestattet Auch im Hochgebirge sind diejenigen die sich nur einmal schnell mit der Bergbahn in die Hohe befordern lassen um sich dann weiterhin wieder die Berge von unten anzusehen immer noch sehr in der Minderzahl Auch

hier lassen die meisten alle Klimafaktoren möglichst ungehemmt auf sich wirken und verstärken diese erstrebte Wirkung noch durch Bergsteigen nach dem Maße ihrer körperlichen Kräfte und technischen Fähigkeiten.

Die Frage, ob ein ganz bestimmter Faktor, sagen wir eine bestimmte Strahlung an der See oder die Luftverdünnung im Hochgebirge, den Stoffwechsel in einer bestimmten Richtung beeinflußt, mag wissenschaftlich mitunter wichtig und auch beantwortbar sein. In der Praxis kommen derartige Einzelwirkungen nicht vor, und auch in der Klimatotherapie lassen sie sich kaum je ganz isoliert anwenden.

3. Das Höhenklima.

Wie bereits erwähnt, ist auch im Hochgebirge häufig diese Unterscheidung zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Klimawirkungen gemacht worden. Die vereinzelten Stoffwechseluntersuchungen, die im Mittelgebirge vorgenommen wurden, darf ich hier um so eher übergehen, als dem Mittelgebirgsklima eine besondere Besprechung schon zuteil geworden ist.

Bei völliger Ausschaltung aller Nebenwirkungen, bezw. vermeidbarer Klimafaktoren, scheinen sich bezüglich des Höhenklimas die einzelnen Menschen außerordentlich unterschiedlich zu verhalten. Während der Grundumsatz bei manchen Versuchspersonen schon in 1000 m Höhe eine Steigerung erfährt, findet man bei andern Menschen selbst in 4000 m Höhe keine wesentlichen Aenderungen im Gaswechsel. Dies sind aber seltene Ausnahmen. Im allgemeinen sind in diesen Höhen Zunahmen von 30—50 % zu beobachten. Am Anfang des Höhenaufenthalts scheint die Steigerung stärker zu sein, allmählich tritt eine gewisse Gewöhnung an die neuen Reize auf. Als Ursache sind die verschiedensten Faktoren herangezogen worden, Der Sauerstoffmangel, die starke Lichtwirkung im allgemeinen, gewisse Strahlungsarten im besondern, die niedrige Temperatur, das Stickoxydul *Kestner*'s usw.

Daß in größern Höhen Körperarbeit sehr viel mühsamer auszuführen ist, als in den mittlern Gebirgslagen oder in der Ebene, wird den meisten Bergsteigern fühlbar, sobald sie ungefähr die 3000 m-Grenze überschreiten. Es sind hierüber zahlreiche exakte Messungen vorgenommen worden, auf deren Einzelheiten ich natürlich nicht eingehen kann. Erwähnt sei nur, daß schon in 2900 m Höhe die Zunahme des Energieverbrauches beim „Gehen auf horizontaler Bahn" durchschnittlich 11%, in 4560 m Höhe bereits 20% beträgt. Diese und andere Erkenntnisse über die physiologischen Wirkungen des Höhenklimas verdanken wir vor allem den ersten, schon vor vielen Jahren unternommenen Expeditionen von *Zuntz*, *Loewy* und ihren Mitarbeitern. Sie wurden durchgeführt unter zum Teil außerordentlich primitiven Bedingungen, in kleinen Schutzhütten, aus denen man notdürftig Höhenlaboratorien improvisiert hatte, nicht ohne schwere persönliche Anstrengungen und Entbehrungen der Beteiligten. Dank dem edlen Wettstreit aller Nationen, vor allem derjenigen, die alpines Gebiet umfassen, sind die neuern Forschungen in modern eingerichteten Instituten für Höhenforschung wesentlich

vereinfacht und erleichtert worden. Vor allem sind auch von englischer und amerikanischer Seite aus die Hochgebirge der neuen Welt in ihren physiologischen Wirkungen gründlich durchforscht worden. Aber die in den ersten Pionierarbeiten geschaffenen Grundlagen sind unverändert geblieben.

Auch hinsichtlich des N-Stoffwechsels bestehen große individuelle Unterschiede. Im allgemeinen tritt häufiger Stickstoffretention, bezw. eine echte Neubildung von Körpereiweiß auf, als das Gegenteil, auch wenn man den muskelfördernden Einfluß ausgedehnter Bergwanderungen möglichst ausschaltet. In den Höhen allerdings, die bereits bei vielen Menschen eine empfindliche Störung des Allgemeinbefindens hervorrufen, mag man sie nun als „Bergkrankheit" bezeichnen oder nicht, besonders wenn das Wetter schlecht, die Ernährung mangelhaft und die Unterkunftsverhältnisse höchst ungemütlich sind, hat man auch schon recht starke Stickstoffverluste feststellen können, die *Loewy* neuerdings auch in niedern Höhenlagen beobachtet hat. Hier übt also der Sauerstoffmangel, der dabei wohl die erste Rolle spielt, bereits eine ungünstige Wirkung aus, und es erhebt sich die Frage, wie weit dieser Faktor überhaupt für die Aenderungen, die der Stoffwechsel im Hochgebirge erfährt — hinsichtlich der Blutveränderungen haben wir von anderer Seite genaueres gehört — als die alleinige oder die Hauptursache anzusehen ist.

B. *Der intermediäre Stoffwechsel im Höhenklima.*

Gerade von dieser Seite, vom Sauerstoffmangel, aus beginnt die Frage nach den Stoffwechselwirkungen größerer Höhen sich allmählich, wie bereits eingangs erwähnt, auch auf den intermediären Stoffwechsel auszudehnen. Aus der mehr physikochemischen Einstellung der gegenwärtigen Forschung heraus hat sich hier langsamerhand die Formulierung ergeben: Tritt im Hochgebirge eine — ich möchte fast sagen um zwei Schlagworte zu gebrauchen — Azidosis oder Alkalosis auf.

Zur Antwort hierauf muß ich ein klein wenig weiter in ein den meisten von Ihnen allerdings nur zu bekanntes Gebiet ausholen.

Wie man weiß, bilden sich bei jeder Muskelzuckung größere Mengen Milchsäure, die in einer spätern Phase wieder verschwinden, teils durch Oxydation zu Kohlensäure und Wasser, teils durch Wiederaufbau zu Kohlenhydrat, ein Vorgang, der aber nur bei genügender Sauerstoffversorgung der Muskulatur vor sich geht. Ist dieselbe ungenügend, so tritt Milchsäure ins Blut über, wodurch sein Milchsäurespiegel auf das 4—5fache des normalen Wertes von 10—20 mg, also auf 80 mg und mehr ansteigt. Dies tritt bei jeder erschöpfenden Muskelanstrengung ein und ist der Grund dafür, daß gewisse Sportsleistungen — beispielsweise der Schnellauf mit einer Geschwindigkeit von über 8 m in der Sekunde — nur ganz kurze Zeit durchgehalten werden können. Denn man muß bald dem Organismus eine genügend lange Erholungsperiode gönnen, damit er sich dieser überströmenden

Milchsauremengen durch Oxydation, Kondensation oder Exkretion entledigen kann Besonders amerikanische und englische Arbeiten, von *Hill* und seinen Schulern, haben uns in den letzten Jahren recht genau hieruber unterrichtet

Welchen Einfluß ubt nun die infolge des relativen Sauerstoffmangels der Muskulatur im Blute kreisende Milchsaure auf das dort vorhandene Saure Basengleichgewicht aus?

Im allgemeinen ist die Reaktion, das heißt die Wasserstoffionenkonzentration, des Blutes festgelegt durch seinen Gehalt an Kohlensaure, welche teils als geloste CO_2, teils als Bikarbonat gebunden vorliegt, in erster Linie an Natrium, und zwar so, daß der Quotient dieser beiden Konzentrationen konstant bleibt, mithin direkt einen Ausdruck fur die Blutreaktion darstellt

$$\frac{H_2\,CO_3}{Na\,HCO_3}$$

Wird im Korper mehr *Kohlensaure* gebildet eben infolge lebhafterer Muskeltatigkeit, so vergroßert sich der Zahler dieses Bruches Das Blut wird saurer Eine gesteigerte Aziditat reizt das Atemzentrum zu einer lebhafteren Lungenventilation, die bekanntlich auf den zehnfachen Wert der Ruheatmung ansteigen kann Hierdurch wird so viel Kohlensaure herausventiliert, bis wieder die normale Kohlensaurekonzentration im Blute eingetreten ist Diese konnen wir entweder direkt im Blute bestimmen oder an der Kohlensaurespannung der Alveolarluft erkennen, mit der sich die Kohlensaure des Blutes nach der Annahme der meisten Forscher in ungehindertem Austausch befindet

Etwas ganz anderes jedoch geschieht wenn die infolge ungenugender Oxydationen angehaufte *Milchsaure* ins Blut ubertritt Da sie nicht fluchtig ist kann sie aus dem Blute durch gesteigerte Lungenventilation nicht herausbefordert werden, sondern sie kreist zunachst im Korper weiter und entzieht dem Bikarbonat des Blutes einen Teil seines Alkalis, einen Vorgang, den man auch als Verminderung der Alkalireserve bezeichnet Hierbei entsteht im Blute, und zwar diesmal durch Verkleinerung des Nenners unseres obigen Quotienten, eine erhohte Aziditat Wiederum erhalt das Atemzentrum neue Reize, die es wiederum mit einer gesteigerten Lungenventilation beantwortet, bis sich von neuem das normale Verhaltnis zwischen Kohlensaure und Bikarbonat eingestellt hat Nur mit einem Unterschiede gegenuber dem erst erwahnten Falle der Kohlensaureuberladung des Blutes Da ein Teil des fruher dem Bikarbonat zur Verfugung stehenden Alkalis durch die erhohte Blutmilchsaure beschlagnahmt bleibt muß auch der Zahler des oft erwahnten Quotienten kleiner werden, als vorher, wenn der Ausdruck wieder seinen alten konstanten Wert zuruckgewinnen soll Mit andern Worten Es ergibt sich eine geringere Kohlensaurespannung im Blute und mithin auch in der Alveolarluft

Mit Recht wird also die herabgesetzte Kohlensäurespannung der Alveolarluft in den meisten Fällen aufgefaßt als ein Zeichen für die oben skizzierten Vorgänge, die man auch als „kompensierte Azidosis" bezeichnet.

Schon lange bevor man durch die Arbeiten *Winterstein*s, *Hasselbalch*s sowie zahlreicher englischer und amerikanischer Forscher klarere Einblicke in die oben skizzierten Vorgänge gewonnen hatte, die übrigens schon in den achtziger Jahren teilweise von *Zuntz* und *Loewy* ganz klar erkannt waren, war man zu der Ansicht gekommen, auch im *Hochgebirge* müsse eine sogenannte Azidosis vorhanden sein. Denn dort herrsche, wenigstens von gewissen Höhen ab, Sauerstoffmangel, der zwangsläufig zu einer Ueberschwemmung des Körpers mit Milchsäure führe. Allerdings hat man die Milchsäurewerte des Blutes selbst zunächst nicht gemessen, aus einer nicht ganz gerechtfertigten methodischen Zurückhaltung heraus. Man hat ihr Auftreten aber aus verschiedenen indirekten Anzeichen, deren Einzelerörterung hier zu weit führen würde, erschlossen. Vor allem aber fand man auch im Hochgebirge eine Herabsetzung der Kohlensäurespannung der Alveolarluft, die sogar einen der Verminderung des Luftdrucks entsprechenden gesetzmäßigen „Gang" erkennen ließ, womit die genannte Beweiskette eindeutig geschlossen erschien.

Leider fehlt ihr ein sehr wichtiges Glied. Es finden sich im Höhenklima nämlich keine erhöhten Milchsäurewerte des Blutes. Ich selbst konnte am ruhenden Organismus weder in 1600 m, noch in 2300 m, noch in 2900 m, noch schließlich in 4560 m Seehöhe wesentliche und konstante Erhöhungen feststellen, jedenfalls nicht in dem Ausmaße, daß sie zur Erklärung der angeblichen Azidoseerscheinungen ausreichten.

Ja selbst bei muskulären Arbeitsleistungen waren weder hier in *Davos* noch auf dem 2300 m hohen Flüela Paß stärkere Steigerungen des Milchsäuregehaltes im Blute festzustellen, vorausgesetzt, daß die körperliche Anstrengung — es handelte sich um einstündiges Radfahren mit einer mittlern Geschwindigkeit — nicht bis zur Erschöpfung fortgesetzt wurde. Pumpt man dagegen den Organismus aus, bis es nicht mehr weiter geht, so findet man schon in der Ebene Vermehrungen der Milchsäure auf das Drei- bis Vierfache, wie man mit Leichtigkeit feststellen kann, beispielsweise wenn man den Milchsäuregehalt des Blutes unmittelbar nach allerschnellstem Treppauf und Treppablaufen bestimmt, auch wenn es nur 5 Minuten gedauert hat.

Hier klafft also eine Lücke, zu deren Ueberbrückung zahlreiche Versuche angestellt worden sind. Ihre Einzelerörterung muß an dieser Stelle unterbleiben. Nur einen radikal entgegengesetzten Lösungsversuch möchte ich noch kurz mitteilen.

Herabsetzung der Kohlensäurespannung der Alveolarluft ist bedingt durch eine übermäßige Steigerung der Atmung. Diese braucht aber nicht immer durch einen Ausschlag der Blutreaktion, bezw. der

Wasserstoffionenkonzentration im Atemzentrum, nach der sauren Seite hin verursacht zu sein Auch willkurlich kann der Mensch starker ventilieren Hierbei wird durch Auswaschen der Kohlensaure aus dem Organismus der Zahler unseres oft erwahnten Bruches kleiner Der Nenner bleibt unverandert Sein Wert, Ausdruck fur die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, sinkt Wir bekommen eine echte *Alkalosis* die sogar pathologische Erscheinungen das Bild der Hyperventilationstetanie, hervorrufen kann Aber auch ohne den bewußten menschlichen Willen kann dann eine zum Auswaschen von Kohlensaure fuhrende Steigerung der Lungenventilation eintreten wenn das Atemzentrum abnorm erregbar ist Tatsachlich ist eine solche Erregbarkeitssteigerung im Atemzentrum von verschiedenen Forschern fur das Hochgebirge angenommen worden Dann ware die Herabsetzung der alveolaren Kohlensaurespannung im Hochgebirge erklart auch ohne das Vorhandensein abnormer Sauren im Blute, die — wenigstens was die Milchsaure betrifft — einfach nicht nachzuweisen sind Daß aber andere, im normalen intermediaren Stoffwechsel unbekannte Sauren gerade im Hochgebirge bei gesunden Menschen auftreten sollten, ist so unwahrscheinlich, daß es trotzdem schon behauptet worden ist Jedenfalls kann ich mir unter dem sagenhaften „respiratory X“ einiger Autoren nur solch' eine neue Spekulationssaure vorstellen

Bedauerlicherweise erklart diese Theorie, nach der im Hochgebirge eine Alkalosis auftrete, zwar die verminderte alveolare Kohlensaurespannung, nicht aber eine Reihe anderer Erscheinungen vor allem das verminderte Sauerstoff und Kohlensaurebindungsvermogen des Blutes Es ist eingewendet worden daß gerade die beiden letzt erwahnten Bestimmungsmethoden viel genauer seien als diejenigen, die uns zur Feststellung des Milchsauregehaltes im Blute zur Verfugung stehen Tatsachlich ist die beobachtete Abflachung der Kohlensaurespannungskurve des Blutes im Hochgebirge so groß und konstant daß an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt werden kann Wenn aber diese Abnahme des Kohlensaurebindungsvermogens und das muß besonders betont werden, ausschließlich oder uberwiegend auf dem Erscheinen intermediarer Sauren im Blute beruhte so mußte ihr nach allen bisherigen Erfahrungen ein durchschnittlicher Milchsauregehalt von 50—60 mg % entsprechen Diese Werte konnen nach unsern jetzigen Methoden in 10 ccm Blut mit absoluter Sicherheit und hinreichender Genauigkeit gemessen werden wenn sie vorhanden waren In Wirklichkeit findet sich aber nur 1/3—1/4 der theoretisch geforderten Menge

Hier fallen wiederum die experimentellen Feststellungen in zwei unvereinbare Gruppen auseinander und es ist mir auch an dieser Stelle nicht moglich eine befriedigende Losung der noch heftig umkampften Frage zu geben

Die Ursache fur das immer unerfreuliche Eingestandnis etwas nicht, oder hoffnungsfreudiger gesagt noch nicht zu wissen scheint

mir in diesem Falle erstens daran zu liegen, daß noch immer nicht genugend experimentelles Material zusammengetragen worden ist Vor allem scheinen mir gute Milchsaurebestimmungen im Blute in großern Hohen zu fehlen unmittelbar nach genau dosierter Arbeit parallel mit entsprechenden Vergleichsversuchen in der Ebene

Zweitens glaube ich, daß vielfach nur bestimmte Großen gemessen worden sind Entweder lediglich die Kohlensaurespannung oder nur die Reaktion im Blute oder im Urin usw usw wahrend nur die gleichzeitige Messung moglichst verschiedenartiger Werte am gleichen Objekt unter den gleichen Bedingungen, die sicherlich nicht ganz einfache Sachlage klaren konnte

Versohnen muß Sie der Eindruck daß es auch auf dem Gebiete der klimatischen Stoffwechselforschung noch eine Menge zu tun gibt Wem die Probleme, welche die verschiedenen Klimawirkungen dem Gesamtstoffwechsel stellen, zu abgeforscht erscheinen, der kann sich auf die verschlungenen Pfade der intermediaren Vorgange begeben von denen ich Ihnen hier nur ein ganz kleines Beispiel skizzenhaft vor Augen stellen konnte Auf diesem Gebiete ist noch sehr viel mehr interessant und unbekannt

—

Klima und pathologischer Stoffwechsel

Von *Alfred Gigon* Basel

Einer Aufforderung der Leitung der klimatologischen Tagung folgend gebe ich nachstehend eine kurze Uebersicht uber den Ein fluß des Klimas auf den pathologischen Stoffwechsel Ich werde dabei fast ausschließlich das Hohenklima berucksichtigen

Atmung, Kreislauf und Stoffwechsel sind als ein physiologisches System anzusehen Insuffizienz des einen Teils kann mit Hilfe eines andern ausgeglichen werden Ein Regulator dieses großen Systems ist das Nervensystem, das, man vergesse es nicht, standig, d h unter allen moglichen Lebensbedingungen einwirkt, und auch unter patho logischen Verhaltnissen niemals ausgeschaltet werden kann In den außerst komplizierten Vorgangen, die bei Gesunden und Kranken unter der Einwirkung z B des Hohenklimas eintreten, ist es manch mal nicht moglich anzugeben, welche Veranderungen die primaren Erscheinungen darstellen — die, wie ein Zunder alle ubrigen Vor gange nach sich ziehen

Beim Aufstieg vom Meeresniveau nimmt der Luftdruck allmah lich ab, der O Gehalt der Luft, die Luftfeuchtigkeit und die Tem peratur sinken Dagegen nimmt die Sonnenstrahlung zu, und zwar konstatiert man im Hochgebirge einen relativ großern Gehalt an kurzwelligen, d h violetten und ultravioletten Strahlen

Betrachten wir zuerst als Hauptfaktor den Luftdruck und den O Gehalt der Luft

Versetzt man ein Kaninchen plotzlich unter verminderten Luft druck z B von 748 mm (Basel) auf 600 mm Hg (zirka 2000 m Hohe) — oder reist ein gesunder Mensch gemutlich mit der Bahn von Basel nach Davos oder hoher so wurden bisher folgende wichtige Stoffwechselveranderungen gefunden Wie die Versuche von *Loewy* uberzeugend nachgewiesen haben, nimmt die alveolare CO Spannung ab, z B von 40 mm auf 23 mm Hg Zweitens nimmt die Atmungs große zu (6 Liter statt 5 Liter) Drittens scheint eine wenn auch ge ringe Steigerung des Gesamtstoffwechsels stattzufinden *(Jaquet Zuntz Loewy)*

Diese Erscheinungen sind ziemlich sicher Folgen des vermınder ten Luftdruckes und wie Prof *Loewy* nachwies, des verminderten O Gehaltes der Luft im Hochgebirge Diesen Veranderungen mussen

selbstverständlich Veränderungen im Organismusinnern selbst entsprechen, und es wäre für die Pathologie wichtig, diese letztern in greifbarer Form zu erhalten und zu lokalisieren.

Nun ergibt sich, daß vor allem die Steigerung der Atmungsgröße und die CO_2-Spannung sehr rasch nach kurzer Einwirkung des verminderten Luftdruckes auftreten, es handelt sich um eine unmittelbare Folge — sagen wir — des Hochgebirges. Solche Variationen im Stoffwechsel, die ja innerhalb Minuten oder wenigen Stunden auftreten, müssen meines Erachtens durch Veränderungen im Blute zum Ausdruck kommen.

Ich habe nun selbst versucht, von meinen jetzigen Mitarbeitern *Brauch* und *Orlowski* unterstützt, im Blute Differenzen nach Luftdruckschwankungen zu finden.

Der alveolaren CO_2-Spannung geht im nüchternen Zustande mehr oder weniger parallel die CO_2-Spannung im Blute. In der Tat haben *Loewy* und Mitarbeiter die Verminderung der CO_2-Spannung im Blute nachgewiesen. Da diese Verminderung der CO_2-Spannung durch das O_2-Bedürfnis und die dadurch bedingte Hyperventilation bedingt ist, so haben manche Autoren z. B. *Dautrebande* ausdrücklich im Hochgebirge eine Alkalose des Blutes angenommen. Daß dem nicht so ist, geht schon aus den Versuchen des Davoser Institutes für Hochgebirgsphysiologie hervor. Es erschien mir jedoch wertvoll, eine direkte Kontrolle der Blutreaktion zu machen. Vor allem war es interessant zu kontrollieren, ob die Blutreaktion rasche Schwankungen durch Luftdruckänderungen aufweist. Ich habe bei einem Kaninchen das reduzierte Blut pH elektrometrisch nach *Michaelis-Lehmann* bestimmt. In Basel bei 748 mm Hg war z. B. beim Kaninchen das Blut pH 7,38. Versetze ich das Tier 2 Stunden lang bei 600 mm Hg, so beträgt nach dieser Zeit das Blut pH 7,11, wird es wieder zwei Stunden bei 748 mm Hg versetzt, so ist das Blut pH wieder auf die Norm gestiegen. Dieser Versuch ist ohne weiteres reproduzierbar. Er ergibt entgegen der Anschauung von *Dautrebande* — und als Bestätigung der Versuche im Davoser Institut — eine Acidose, die *unmittelbar* nach Verminderung des Luftdruckes eintritt. Diese unmittelbare Folge ist vorübergehender Natur. Hier mag erwähnt werden, daß *Mosso* wohl der erste war, der 1904 im Hochgebirge auf dem Monte Rosa eine Acidosis nachwies.

Diese Tatsachen (verminderte CO_2-Spannung im Blute (also einerseits weniger Säure, anderseits Acidose im Blute)[1]) deuten darauf hin, daß noch andere Vorgänge sich im Blute abspielen.

Entsprechend meinen frühern Untersuchungen[2]) habe ich nun den Gesamt-C, den Gesamt-N und das H_2O des Blutes bestimmt. Folgendes Beispiel illustriert meine Resultate.

---

1) Wäre ausschließlich die CO_2-Spannung im Blut herabgesetzt gewesen, so hätte das reduzierte Blut pH unverändert bleiben müssen.

2) Helvet. chem. Acta 1925.

	C	N	H_2O	C/N
Kaninchen bei 748 mm Hg	7,95 %	2,27	84,61	3,50
nach 2 Stunden bei 600 mm Hg	8,64%	2,43	82,86	3,55

Dieser Versuch ergibt eine unmittelbare und sehr energische Wirkung des verminderten Druckes der Blut C steigt um 0 7 %, der Gesamt-N um 0,16 % und der Wassergehalt des Gesamtblutes sinkt um 1,75 %, der Wasserverlust durfte der Zunahme an Trockensubstanz entsprechen Ich erwahne hier, daß nach *Laubender*[3]) Meerschweinchen bei einem Drucke von 430—380 mm Hg nach 1—3 Tagen eine Steigerung des Rest-N des Blutes von rund 0,03 % fand *Laquer*[4]) fand im Hohenklima eine Steigerung der Gesamtblutmenge Ich mochte als Gesamtresultat annehmen, daß der verminderte Druck eine Steigerung der Eiweißkomponente des Blutes verursacht Der Blutzucker blieb in unsern Versuchen unverandert

Wenn wir diese unmittelbaren Wirkungen des Hochgebirges berucksichtigen, so wird uns klar daß wir durch dieselben gewisse therapeutische Indikationen bezw Kontraindikationen erklaren konnen

Tabelle Analysen im Gesamtblut

		C	N	H_2O	C/N	N/H O
		%	%	%		
1	*Kaninchen* bei 738 mm Hg	7 95	2 27	84 61	3 50	2 68
2	bei 600 mm Hg	8 64	2 43	82 86	3 55	2 93
3	*Mensch* gesund in Basel	9 98	2 81	81 56	3 55	3 44
4	Akromegalie	9 86	2 90	80 15	3 40	3 62
5	Fieber 39 5° Tbc pulm	8 30	2 47	84 89	3 36	2 91
6	Tbc pulmon	9 60	3 08	80 95	3 40	3 62
7	Anaemie	8 22	2 51	87 60	3 27	2 86
8	Anaemie	7 22	2 15	—	3 36	
9	Tbc pulm + Kyphoskoliose	11 47	2 99	75 82	3 84	3 94
10	Hyperglobulie	12 38	2 56	—	4 84	
11	Schnapstrinker	11 78	3 37	—	3 50	
12	*Hund* gesund in Basel	12 07	3 58	75 89	3 35	4 72
13	*Mensch* gesund in Samaden ansassig	10 37	3 20	78 71	3 17	4 06
14	Falle 7 und 8	11 32	3 89	77 83	2 91	4 99

Eine allgemein anerkannte Indikation des Hochgebirges sind manche Formen von Anamien In der Tat finden wir bei Anamien stets eine Herabsetzung des C und N des Blutes Beispiel Falle Nr 7 und 8 der Tabelle

Bei einer lymphatischen Leukamie betrug der Gesamt Kohlenstoffgehalt des Blutes *9 32%*, also eher einen niedrigen Wert

Bei einer Hyperglobulie mit 6 Millionen Erythrocyten enthielt das Blut *12 38%* der N betrug aber nur 2,56 % ein Beweis daß mit

3) Schw Med Woch 1925
4) Klin Woch 1924

der Steigerung der Blutkörperchenzahl nicht immer eine Steigerung des N-Gehaltes parallel geht. Es ist z. B. ganz gut möglich, daß in solchen Fällen das Hochgebirge dennoch durch Steigerung der N-Komponenten des Blutes günstig wirken kann.

Eine weitere Indikation des Hochgebirges und die Hauptindikation für Davos ist die Lungentuberkulose. Wir fanden z. B. bei einer Lungenkranken ohne Anämie (Fall 6) keine Differenzen von der Norm. Interessant ist folgender Fall (Nr. 9). Ein ca. 35jähriger Mann mit Lungentuberkulose und starker Kyphoskoliose hatte folgende Werte: C 11,47 %, N 2,99, Wasser 75,82. Dieser Patient wurde zur Kur nach Davos geschickt, bekam aber dort Anfälle von kardialem Asthma und mußte nach 14 Tagen wieder nach Basel zurückkehren. Schon in Ragaz war die Atemnot verschwunden. Der hohe C-Gehalt mit normalem oder leicht erhöhtem N-Wert verbunden ist vielleicht ein Anhaltspunkt, um gewisse Kontraindikationen gegen das Hochgebirge präziser zu bestimmen. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß *Naunyn* als erster schon 1872 in einer Arbeit im Korrespondenzblatt für Schweizer Aerzte (jetzige Schweiz. Med. Wschr.) eine Zunahme des Hämoglobingehaltes bei chronischer Dyspnoe nachgewiesen hat.

Das Fieber ist bekanntlich keine Kontraindikation für das Hochgebirge. Patient Nr. 5, ein Mann von 25 Jahren, besitzt einen niedrigen C- und N-Gehalt des Blutes. Der Wassergehalt ist mit 84,89 als recht hoch zu bezeichnen. Man könnte sich vorstellen, daß das Hochgebirge auf den Fieberstoffwechsel durch Steigerung des C- und N-Gehaltes günstig wirkt.

Eine Indikation des Höhenklimas für die Tuberkulose könnte noch in folgendem liegen. *Robin* und *Binet* wollen den Nachweis erbracht haben, daß die Gewebssäfte des Tuberkulösen eine pathologische Alkalose aufweisen. Aus diesem Grunde wurde seinerzeit in Frankreich eine fleischreiche Kost bei Tuberkulösen empfohlen, da dieselbe eine Acidose erzeugen sollte. Wir haben oben gesehen, daß das Hochgebirge eine acidotische Wirkung auf das Blut ausübt. Es würde also bei Tuberkulosekranken eine günstige qualitative Veränderung der Blutreaktion und somit auch des Stoffwechsels verursachen.

Man kann einwenden, daß mit einer, wenn auch rasch auftretenden Wirkung bei einem chronischen Leiden — wie der Tuberkulose — wenig gewonnen ist. *Frm* möchte die Effekte eines Klimas nach 6 bis 8 Wochen für ausgenutzt halten — und empfiehlt nach dieser Zeit eine Ortsveränderung. Aehnliche Anschauungen vertritt *van Oordt*. Anders wäre es, wenn eine Dauerwirkung nachgewiesen werden könnte. Nun hat schon *Loewy* nachgewiesen, daß gewisse Hochgebirgswirkungen recht lange anhalten können, z. B. die Atmungsgröße, die alveolare CO_2-Spannung. Allerdings ergaben seine Versuche, daß Einheimische z. B. in Davos eine normale Atmungsgröße und CO_2-Spannung aufweisen, also hier dieselben Werte wie ein Talbewohner.

Dank dem Entgegenkommen von Kollege *Ruppanner* (Samaden) konnte ich bei zwei gesunden einheimischen Engadinern und bei zwei Kranken, die schon lange in Samaden wohnen das Blut untersuchen Wir finden interessanterweise bei den beiden gesunden einen relativ hohen C Gehalt bei relativ niedrigem H_2O Gehalt, was am deut lichsten im Verhaltnis N/H O zum Ausdruck kommt Diese beiden Individuen sind die einzigen, die einen N/H O $>$ 4,0 aufweisen

Damit scheint mir bewiesen, daß mit einer eventuellen Akklima tisation die Wirkung des Hochgebirges keineswegs erloschen ist son dern solange der Patient z B in 500—2000 m Hohe weilt, bleiben seine Blutverhaltnisse andere als in der Ebene Daß diese Verschie bungen im Blute auf die Dauer noch andere Folgen haben mussen, liegt auf der Hand Ein pathologisch qualitativ veranderter Stoff wechsel kann allmahlich wieder auf die normalen Verhaltnisse zu ruckgefuhrt werden Unsere Resultate bestatigen die fruhern Angaben *Egger* s, der im Hochgebirge auch bei Einheimischen eine Vermeh rung der roten Blutkorperchen nachgewiesen hat

Ein weiterer Faktor der Hohenkuren ist *das Licht* *Durig* und *Lindhard* fanden, daß die CO_2 Spannung im Sommer niedriger ist als im Winter *Lindhard* fand in Selbstversuchen daß eine alveolare CO Spannung in Gronland niedriger war als in Kopenhagen Die Wirkung des Lichtes unterstutzt in dieser Hinsicht diejenige des Luftdruckes und des verminderten O_2 Gehaltes

Aeußerst interessante Ergebnisse werden von zwei amerika nischen Forschern *Heß* und *Weinstock* mitgeteilt Dieselben fanden daß vegetabilische Oele z B Leinsamenol durch Bestrahlung mit Quecksilberdampflampe eine Schutzkraft gegen die Entwicklung der Rachitis bei Ratten erhalten, auch wenn das Oel nur zwei Minuten bestrahlt wurde Im Dunkel gewachsener Weizen besitzt keine anti rachitischen Eigenschaften, dagegen schutzt Weizen am Tageslicht gewachsen und mit Hg -Lampe bestrahlt, die Ratten vor Rachitis Sauerstoff, Ozon sind ohne Einfluß Lanolin mit ultraviolettem Licht bestrahlt, zeigt maßige antirachitische Eigenschaften Cholesterin, das im *Epiderm* relativ reichlich vorhanden ist, zeigt nach ultravioletter Bestrahlung antirachitische Wirkung

Diese schonen Versuche deuten an, wie die Strahlung im Hoch gebirge einen Einfluß auf den Organismus haben kann Diese Wir kung durfte darin beruhen, daß im Hochgebirge gewisse Nahrungs stoffe vom Organismus leichter assimiliert werden Es ist auch be kannt, daß eine Ueberfutterung die Rachitis begunstigt Das Hoch gebirge bezw die intensive Bestrahlung erlaubt einen großern Nah rungsverbrauch ohne pathologische Mast Gebirgsbewohner sind nicht fettsuchtig

Das Hochgebirgsklima vermag zweifellos gewisse qualitativ pa thologische Vorgange zu beeinflussen Dies durfte der Fall sein z B bei Basedowkranken Diese Patienten die von der Ebene mit einem

quantitativ gesteigerten Stoffwechsel nach einem Hohenkurort reisen, weisen hier oft eine Herabsetzung ihres Gesamtstoffwechsels, im Gegensatz zum Verhalten des gesunden Individuums auf Dies kann m E nur dadurch erklart werden, daß der primar qualitativ ver anderte Stoffwechsel beim Basedow sekundar einen quantitativ gestei gerten Umsatz bewirkt Wird im Hochgebirge der qualitative Stoff wechsel in normalere Bahnen gelenkt, so erfolgt sekundar eine quan titative Verminderung des Gesamtumsatzes Aehnliche Vorgange spielen sich ab bei der Fettsucht, bei der Gicht und beim Diabetes

Die Toleranz fur Kohlenhydrate ist bei manchen Zuckerkranken in der Hohe deutlich gesteigert Eine meiner Patientinnen, die in der Ebene ca 120 g Kohlenhydrate vertrug, konnte schon am dritten Tage ihres Aufenthaltes in St Moritz mindestens 200 g Kohlen hydrate ohne Zuckerausscheidung vertragen Hier spielt die grobe Zusammensetzung des Blutes keine Rolle Bei Diabetes ist das Blut pH normal und die Gesamt C und N Werte des Blutes sind keineswegs herabgesetzt

Damit sei nicht gesagt daß Gicht und Zuckerkranke unbedingt in das Hochgebirge gehoren Bade und Trinkkuren (Diattherapie kann auch im Hochgebirge getrieben werden) sind in der Regel bei Gicht und Fettsucht zweckmaßiger und fuhren schneller zum Ziel

Eine gunstige Wirkung mussen wir dem Hohenklima auf den Stoffwechsel im *hohern* Alter zuschreiben Auch im *hohern Alte* ist der Stoffwechsel qualitativ verandert Ich erinnere nur an die Versuche von *Loffler Friedenwald* und *Grosse* uber den *Verlauf* der Nahrungshyperglykamie bei Greisen

Eine interessante Wirkung des Hohenklimas kommt bei der Pru fung der Wirkung gewisser Medikamente zum Vorschein *Staubli Jaquet* fanden, daß Natr cacodyl in der Hohe bezw bei vermindertem Drucke weniger gut vertragen wird als z B bei 748 mm Hg Atmo spharendruck

Nach *Hesse* und *Loewy* sind in Davos großere Dosen Bromathyl oder Bromoform fur eine Narkose notwendig als in der Ebene Daß Alkohol im Gebirge besser vertragen wird, ist eine altbekannte Sache Morphium wird nach eigenen Beobachtungen unter vermindertem Luftdruck weniger gut vertragen als zum Beispiel bei 748 mm Hg

Untersuchungen die ich mit Kollege *Orlowski* gemacht habe ergaben folgendes interessante Resultat

Bromathyl Alkohol wie auch Chloroform und Aether erzeugen am reduzierten Blut pH gemessen, eine deutliche Sauerung des Blutes Zum Beispiel sinkt vorubergehend beim Kaninchen bei 10 cm³ Al kohol per os das Blut pH von 7,41 auf 6,88 Morphium erzeugt eine deutliche Alcalose Wird aber einem Kaninchen unter 400 mm Hg Luftdruck Morphium injiziert so wird das Blut sauer Die azidotische Wirkung des verminderten Luftdruckes uberwiegt die alkalotische Wirkung des Morphiums Der Alkohol steigert ferner sehr rasch und erheblich den Gesamtblutkohlenstoff Letzteres durfte die gun

stige Wirkung des Alkohols bei Schwächezuständen im Gebirge zum Teil erklären Alkohol ist mit dem Zucker das einzige Nahrungsmittel, das eine Säuerung des Blutes und einen raschen Anstieg des Blutkohlenstoffes verursacht

Alle bisher besprochenen Wirkungen des Höhenklimas waren mehr oder weniger *unmittelbare* Wirkungen, die fast nur so lange andauern als das Höhenklima auf den Organismus einwirkt Damit ist aber nicht jede Wirkung der Höhenkuren erledigt Es gibt mittelbare Wirkungen, die anhalten, noch lange nachdem das Individuum in die Ebene zurückgekehrt ist Solche Wirkungen kommen wohl beim Training zum Ausdruck *Zuntz Loewy* und Mitarbeiter konnten zeigen, daß geübte Bergsteiger weit höhere Grade von Luftverdünnung vertragen können als der Durchschnitt der Menschen Medizinisch wichtiger erscheint mir die m E sichere Tatsache daß Leute, die im Gebirge einmal einige Wochen verbracht haben, einen zweiten Aufenthalt in der Höhe, nach ein oder zwei Jahren, weit besser vertragen als den ersten Die Angewöhnung an das Höhenklima ruft beim Menschen ähnlich dauernde Veränderungen im Nervensystem hervor wie zum Beispiel das Schwimmen oder Reitenlernen

Habe ich einmal das Schwimmen gelernt, so vergesse ich es nicht Ein alter Mensch der vor Jahren im Hochgebirge gewesen ist, wird stets dasselbe besser vertragen als ein gleichaltriger, der nie in seinem Leben auf zum Beispiel 1800 m einige Wochen verbracht hat Dies muß bei Höhenkuren im Alter Berücksichtigung finden — und wenn wir vom Alter sprechen, sei hier eine praktische Bemerkung hinzugefügt Wir haben gelernt, daß das Höhenklima außerordentlich rasch Veränderungen im Blute erzeugt Diese Anpassung des Organismus geht in den ältern Jahren wohl nicht so leicht von statten Um dem alten Menschen die prompte Akklimatisation zu erleichtern, empfehle ich stets demselben folgende Vorschrift zu beachten Am ersten und eventuell am dritten Aufenthaltstag im Hochgebirge muß der Patient das Bett hüten Ich habe recht oft 70jährige und ältere Patienten unter diesen Bedingungen einen ruhigen Aufenhalt in 1800 m Höhe empfohlen, ohne jemals Nachteile davon beobachtet zu haben

Huchard hat in der französischen Literatur das Wort geprägt „Les cures d'eau agissent non pas par ce que qu'elles apportent mais par ce qu'elles emportent" Wir haben gesehen, daß im Höhenklima das Blut Kohlenstoff und N-reicher wird daß der Stoffwechsel qualitativ verändert werden kann Ich möchte daher für das Höhenklima den Satz aussprechen Les cures d altitude agissent non pas par ce qu elles emportent mais par ce qu'elles apportent

Klima und vegetatives System

Von Prof Dr *Friedr Kraus* Berlin

Wer sich anregen laßt von der Vielseitigkeit der Problemstellung und von der Fulle ineinander greifender, sich gegenseitig beeinflussender Faktoren der Bioklimatik, wer die Werke von *Hellpach* *Huntington* *Dorno* und die Arbeiten von *Abel* *Simro* *Wegener* *Olbricht* die Mitteilungen der neuesten Literatur, nicht zuletzt die des Instituts von Davos studiert, dem tut sich ein ungeheures Forschungsgebiet auf, das auch fur die Klinik von hochster Bedeutung ist

Ein tieferes Verstandnis des Zusammenhanges zwischen Klimafaktoren einerseits und Entwicklung und vitalen Leistungen andererseits, speziell auch derjenigen des vegetativen Systems, ist aber nur erreichbar, wenn wir uns wenigstens vorlaufig, auf *spezielle* Fragen und auf *experimentell* Erprobbares beschranken, um zunachst zu Begriffen zu gelangen welche weiterhin erst praktisch Verwendung finden konnen

Ich mochte deshalb heute nur uber die *vegetative Stromung als Grundlage der Anpassung* auch unter dem Einfluß klimatischer Faktoren sprechen, nach Versuchen von mir und meinen Mitarbeitern (*S G Zondek* *Dresel* u a)

Ausgehen mochte ich von der inneren Oekonomie in ihrer Regulierung durch Grenzflachenpotentiale durch relativ antagonistische Elektrolyte (Kalium, Kalzium) als Bestandteile des vegetativen Systems im weitesten Wortsinn Auch die Grenzflachen selbst enthalten Elektrolyt ich sage kurz Kolloid-Elektrolyt In der wechselseitigen Beeinflussung des Salz und Kolloid Elektrolyts wobei wir experimentell den einen und den andern die Oberhand gewinnen lassen konnen, um dann spontane physio und pathologische Analogien zu suchen in dieser Wechselwirkung stecken alle zu besprechenden Anpassungen

Die Regulationen im vegetativen System haben sehr verschiedene Bedeutung

In bezug auf die Warmestrahlung will ich hier nur kurz auf *Friedenthal's* Versuche in meinem Laboratorium verweisen, die kurzlich in der „Klinischen Wochenschrift“ mitgeteilt wurden Da verhalt sich die Haut etwa wie feuchtes Fließpapier

Praktisch besser als der *Gesamt*organismus ist aber fur die vorliegende Fragestellung ein einfacheres, uberlebendes Modell heranzuziehen, z B das *Straub*'sche Froschherzpraparat mit reiner (antagonistischer) Elektrolytdiat

Daran ist nun folgendes zu beobachten (zum Teil direkt zu sehen, zum Teil zu untersuchen) Wasserabsorption und Abgabe von seiten des Herzmuskels, Stoffaufnahme, Elektrolytabsorption, H Ionen Abgabe Verhalten des vektoriellen bezw des kristalloiden Anteils der Grenzflachen (Membranen), Beeinflussung des O_2-Verbrauches des Herzens durch Elektrolyte, Milchsaurebildung Systolie und Dyastolie des Herzens Art des Stillstandes, mechanische Kurve, Elektrokardiogramm, Verhaltnis zwischen den Ordinaten und der Gestalt der mechanischen und elektrischen Kurve, Folgen experimentell hervorgerufener oder spontaner Vermehrung des Kolloid und des Salzelektrolyts

Fur viele Versuche wurde besonders das Elektrokardiogramm als Indikator der zu besprechenden Wirkungen benutzt Die Mineral Elektrolyte wurden in den Vordergrund gestellt, weil ohne sie vegetativer Nerv und Hormone unwirksam sind

Verwenden wir das *Straub* sche Praparat als Reagens auf *Klimafaktoren* z B Warmestrahlung, so wirkt schwachere Strahlung kalzisch systolisch, starkere diastolisch Radiumemanation in der Diatflussigkeit, Ionisierung der umgebenden Luft durch Radium sind ohne jeden Einfluß

Absaugen von Umgebungsluft (Sauerstoffverdunnung) wirkt zunachst auch schwach systolisch Bei starkerem Unterdruck aber wird die Wirkung diastolisch

Auch hier findet sich, wie bei der Warmestrahlung, die Disposition zur sofortigen Umkehr der Wirkung bei Veranderung der einwirkenden Elektrolyte

Der Elektrolyt-Antagonismus ist aber ein relativer Gewinnt ein Elektrolyt in der Diatflussigkeit die Oberhand, so kommt es zur prompten Wirkung, nach einiger Zeit jedoch kann es zu einer Abschwachung des Antagonismus kommen Anpassung

Die Beziehung der Regulierung *zur Richtung der vegetativen Stromung* die nicht einfach einer irreziproken Permeabilitat gleichkommt, geht aus Versuchen hervor, in denen der Angriff der zugesetzten Substanzen einmal *außen* am Herzen, das andere Mal *innen* im Herzen erfolgt So wirken ein Dielektrikum ($CHCl_3$) und Wasser von außen kalisch innen kalzisch Kalzium wirkt von außen kalisch Kalium wirkt charakteristisch uberhaupt nur von außen, innen unterbricht es rasch die vegetative Stromung Die Anpassung an Na

trium wurde nach Versuchen von *Benatt* besprochen. Die Anpassung an Natrium läßt sich mit der Diätflüssigkeit nicht von einem Herzen auf ein zweites übertragen.

Bei Vorbehandlung des Froschherzens mit Kalziumüberschuß finden wir Kalziumeffekt, Block systolischer Ventrikelstillstand, aber bei längerer Dauer in Diastole. Nachfolgender Kaliumzusatz bewirkt ein scheinbar paradoxes Kalzium-Elektrokardiogramm. Die mechanische Kurve verhält sich völlig analog.

Dieses regelmäßige Verhalten beseitigt tatsächlich die grundsätzlichen Bedenken gegen den *Langley*'schen Antagonismus, und schränkt auch die Einwände gegen die pharmakologische Prüfung des vegetativen Systems ein. Hierdurch werden die Fälle erklärt, wo jeder Reiz auf den vegetativen Apparat eines Organs kalzisch bezw. sympathisch ausfällt. Fälle wie sie uns häufig in der klinischen Pathologie vorkommen.

Kalium verhält sich (in der Diätflüssigkeit, Kalzium nach Kaliumvorbehandlung) anders: da bewirkt nachträglicher Kalziumzusatz eine kalzische Umstimmung.

Wie ist nun der Unterschied zwischen Natriumanpassung und Kalziumanpassung wenigstens mit Wahrscheinlichkeit zu erklären?

In einer Reihe von Ca-Versuchen wurde der Gehalt an doppelbrechenden Kristalliten im entsprechend behandelten Muskelsaft und in der Diätflüssigkeit bei Ringer und bei Kalziumdiät bestimmt. Bei Ringer ist der Muskelsaft reich, die Diätflüssigkeit arm an doppelbrechenden Substanzen. Bei Kalziumüberschuß ist das Verhalten umgekehrt, schon das makroskopische Aussehen ist sehr verschieden.

Der Herzmuskel gibt also bei dauerndem Kalziumüberschuß der Diät etwas Vectorielles ab bzw. das Kalzium verdrängt diesen Anteil in der Richtung zur Diätflüssigkeit (in der Richtung der vegetativen Strömung).

Man könnte vielleicht als Hypothese aufstellen: es werden gerade die stark Kalium adsorbierenden Teile ausgeschwemmt. Es bildet sich dann ein neues Adsorptionsgleichgewicht. Derjenige Stoff, der rein stärker adsorbiert wird, wird überall auch aus einem Gemisch noch absolut und relativ stärker adsorbiert. Wenn von zwei Stoffen eines Gemisches der eine viel stärker als der andere adsorbiert wird, genügen schon kleine Konzentrationen des stark adsorbierbaren Stoffes, um die Adsorption des schwach adsorbierbaren auf sehr kleine Werte herabzudrücken, so daß z. B. nach Kalziumvorbehandlung Kalium kalzisch wirkt. In diesem Zusammenhang konnte auf *Dresel*'s Versuche über die Beeinflussung der vegetativen Wirkung durch Lipoidzusätze in der Diätflüssigkeit hingewiesen werden. Ob es sich bei den oben erwähnten Versuchen um die Abgabe von Lipoid-Ca handelt, kann nur durch chemische Untersuchungen, die im Gange sind, entschieden werden. Das Ca *bleibt* im *Straub*'schen Präparat. Vielleicht auch im Umgebungsblut des natürlich arbeitenden Erfolgsorganes.

Die Natriumanpassung ist jedenfalls anders zu erklaren moglicherweise handelt es sich dabei um Schichtung in einem leitenden Dielektrikum

Auch auf *Blumenfeldt's* Versuche sei kurz hingewiesen der zeigen konnte, daß auch die Chronaxie durch die antagonistischen Elektrolyte beeinflußbar ist

Diese Regulationen erscheinen abstrakt, eine Uebertragung auf den Gesamtorganismus scheint sehr schwer Jedoch ist ein weiteres Eindringen in die Probleme nur so moglich Ist die anthropologische Begriffsbildung erst einmal durch die nomologische ersetzt so wird dieser Fortschritt, erst angebahnt, nicht weiter aufhaltbar sein

---

Beziehungen des Klimas zu den innersekretorischen Drüsen

Von Professor *Arthur Biedl* Prag

Bei dem heutigen Stande unserer positiven Kenntnisse kann ein Referat über die Beziehungen des Klimas zu den innersekretorischen Drüsen kaum anders als ein gewagtes Unternehmen, für mich persönlich vielleicht richtiger als ein Versuch mit untauglichen Mitteln, betrachtet werden. Wenn ich der ehrenden Aufforderung der Kongreßleitung folgend, diesen Versuch dennoch unternehme, geschieht dies in der klaren Erkenntnis der Eigenart und Schwierigkeit des Unterfangens, die zweifellos bedeutsamen Zusammenhänge zweier Gebiete zu besprechen, denen ich persönlich mit ganz ungleichem Wissensrüstzeuge gegenüberstehe. Ueber das Klima in der wissenschaftlichen Bedeutung des Begriffes weiß ich nicht viel oder eigentlich recht wenig, über die innere Sekretion aber soviel, daß ich mit Sokrates klar erkennen kann, wie wenig wir wissen.

In diesem Kreise von Kundigen ist es wohl überflüssig zu bemerken, welche große Reihe von mit-, neben- und gegeneinander agierenden Faktoren in dem Sammelbegriffe des Klimas enthalten sind, die sowohl einzeln als auch kombiniert die Funktionen der Inkretion wirklich beeinflussen oder zum mindesten beeinflussen könnten. Die vorliegenden Beobachtungen gestatten bestenfalls Vermutungen, ermöglichen aber keineswegs das reine Herausschälen der Wirksamkeit bestimmter Faktoren. Was uns hier einzig und allein weiterhelfen kann, das analytische Experiment, ist aber bisher über die ersten Anfänge noch nicht hinausgekommen.

Das auf das Klima, bezw. die einzelnen Klimafaktoren Reagierende ist — und dies soll mit aller Schärfe betont werden — nicht die einzelne endokrine Drüse, sondern das durch innige Korrelationen und Interrelationen seiner Teile zu einer Einheit verknüpfte endokrine System. Es scheint mir aber wichtig auf das Folgende ausdrücklich hinzuweisen. Wenn die Lehre von der innern Sekretion die Zentralstelle des Nervensystems der ihr früher zuerkannten alleinigen dominierenden Machtstellung entkleidete, indem sie die Bedeutung der auf dem Blutwege ankommenden Betriebsanordnungen und Befehle für die Erfolgsorgane ins richtige Licht stellte, so

mußte sie doch neuerdings in zunehmendem Ausmaße anerkennen, daß das Inkretsystem als vegetatives Organ in das vegetative System eingefugt und dem vegetativen Nervensystem unterstellt ist. Allerdings nicht in dem Sinne des souveranen Beherrschtwerdens, sondern in der Art der richtigen demokratischen Verfassung, wo das Beherrschte seinerseits die Stimmungslage des Nervensystems, die Art und Form seiner Reizbeantwortung hormonal bedingt.

In diesen Bemerkungen ist bereits eine allgemein biologische Frage enthalten, deren Beantwortung gewissermaßen die grundsatzliche Vorbedingung fur unsere weitern Auseinandersetzungen darstellt, namlich die Frage, ob das Inkretsystem, dessen Sinn und Aufgabe in der Uebermittelung von Nachrichten durch Entsendung von chemischen Boten zu den einzelnen Organen, in der Herstellung und Aufrechterhaltung des Consensus partium des Gesamtorganismus erblickt werden kann, ob dieses System, sage ich, auf die Aenderungen der Außenwelt uberhaupt reagieren kann, ob es Beziehungen zwischen Umwelt und Innenwelt zu vermitteln imstande ist. Das unterscheidende Merkmal zwischen neuraler und hormonaler Korrelation ist dieses, daß im erstern Falle die rezeptorischen Nervenapparate die Pforten sind, durch welche die Milieuvariationen als Reize in das Innere eindringen, auf dem Wege von Nervenbahnen zu Zentralstellen fortgeleitet und dort dann in Funktionsimpulse umgepragt werden. Diese nervos vermittelnden Reaktionen auf die Umweltanderung laufen nach Gesetzen ab, deren Ergrundung eine reizvolle Aufgabe der Physiologen war und zum Teil noch bis zum heutigen Tag geblieben ist. Diese Korrelationen sind durch den prompten und raschen Ablauf, sowie durch die im einzelnen wohl mannigfaltige, im ganzen aber doch leicht definierbare Reizbeantwortung gekennzeichnet. Demgegenuber vollziehen sich die hormonalen Beeinflussungen naturgemaß in einem, man konnte sagen, behabigeren Tempo, die Weisungen zur Betriebsanderung gelangen auf dem viel langsameren Blutwege zu den Erfolgsorganen, diese selbst lassen sich bei der Durchfuhrung reichlich Zeit, sie geraten eigentlich niemals in eine prompte Aktion, sondern verandern schon allmahlich ihre Tonuslage. Diese Differenz zwischen neuraler und hormonaler Reizbeantwortung ist derart durchgreifend, daß man in jenen, ubrigens nicht allzu seltenen Fallen, wo eine hormonal ausgeloste Reaktion rasch und prompt, dem neuralen Typus ahnlich ablauft, mit großer Sicherheit eine Zwischenschaltung nervoser Glieder in die Reaktionskette annehmen, und bei geeigneter Nachforschung die Existenz einer *hormoneuralen Korrelation* tatsachlich ermitteln kann.

In Analogie hierzu konnte man an eine *neurohormonale* Vermittlung zwischen Umwelt und Inkretsystem denken, wenn man der Tatsache gegenubersteht, daß die erstere das letztere weitgehend beeinflußt, obwohl dieses uber eigentliche rezeptorische Apparate in keiner Form verfugt. Man konnte sich vorstellen, daß die außern Reize

auf gewohnten ausgefahrenen Bahnen angelangen, neural geleitet werden und neben der reflektorischen Aktion im Nervengewebe auch eine Umstimmung des innern Milieus, einen Funktionswandel in den Hormonorganen mit dem Endresultate der quantitativen oder qualitativen Abänderung der produzierten Hormone bewirken. Die schematisierende Formel: neural sei die Verknüpfung der innern mit der äußern Welt, hormonal sei die gegenseitige Verbindung der innern Teile ohne Beziehung auf ein Aeußeres, mußte der fortschreitenden Erkenntnis weichen, daß auch die Hormonorgane nicht nur von innern Faktoren allein abhängig sind, sondern daß ihre doppelte, endogene und exogene Bedingtheit eine unbezweifelbare Tatsache ist. In den Entwicklungsjahren oder, wenn ich mich des Ausdruckes bedienen darf, in der Periode der ersten Streckung der Lehre von der innern Sekretion wäre schon der Gedanke, eine endokrine Drüse sei in ihrer Größe, in ihrem Bau und demnach in ihrer Leistung durch einen Außenfaktor beeinflußbar, eine Ketzerei gewesen. Die ersten Angaben, man könne durch die Menge und Art der Nahrung, durch exogene Agentien oder Arzneien die Struktur dieser oder jener Blutdrüse in gesetzmäßiger Weise abändern, wurden recht skeptisch aufgenommen. Der gründliche Meinungswandel dokumentiert sich darin, daß die moderne Arbeitsrichtung sogar die Konstitutionsmorphologie des Inkretsystems, diese unerläßliche Grundlage ungebührlich vernachlässigend, ihre Aufmerksamkeit vorwiegend der nutritiven Beeinflussung zuwendet. Es sei hier nur daran erinnert, daß auch die Vitaminforschung bei der Erklärung des Wirkungsmodus dieser Ergänzungsnährstoffe auf den Umweg über die Blutdrüsen rekurrieren möchte. Daß aber der Konnex mit der Umgebung, wie er durch Zufuhr von Stoffen von außen hergestellt werden kann, für den Bau und die Tätigkeit von Inkretorganen von ausschlaggebender Bedeutung ist, dafür liefert die Beeinflussung der Schilddrüse durch Minimalmengen von Jod ein besonders eklatantes Beispiel, dessen nähere Darlegung sich gerade in diesem Lande erübrigt. Es ist selbstverständlich ohne weiteres zuzugeben, daß wenn etwas von außen in das Körperinnere auf dem Wege des Verdauungskanals eindringt, und nun hier umstimmende Wirkungen entfaltet, dieses Vorkommnis ein unserm Verständnis durchaus zugänglicher Spezialfall ist, wo das Blut die Rolle des Vermittlers spielt. Die resorbierten Substanzen gelangen dann direkt an den Hormonorganen zur Auswirkung.

Anscheinend ganz anders liegen die Dinge für die übrige Außenwelt. Wie sollen die klimatischen Faktoren, der mit der Seehöhe variierende Luftdruck und damit die Luftzusammensetzung, der Wind, die Feuchtigkeit, die Temperatur und elektrische Ladung der Atmosphäre, die vom Himmel und der Sonne ausgehenden differenten Strahlen in das Körperinnere penetrieren, um dort eine oder die andere Blutdrüse zu beeinflussen? Eine nähere Ueberlegung ergibt auch auf diese Frage befriedigende Antworten. Wenn wir von der

bereits erwähnten Möglichkeit der neural vermittelten Beeinflussung der Hormongewebe absehen, stehen uns noch andere Erklärungen zur Verfügung, auf die bereits in den bisherigen Vorträgen hingewiesen wurde.

Aus den überzeugenden Darlegungen von Prof. *Loewy* können wir ersehen, daß der wichtigste Faktor des Höhenklimas der niedrige Barometerdruck in der unzureichenden Sauerstoffversorgung gewisser Zentralapparate direkt zur Auswirkung gelangt. Wäre es nicht naheliegend, manche Inkretorgane, in erster Reihe die Schilddrüse, aber auch vielleicht noch andere, in die Gruppe jener sauerstoffaviden Gewebe einzureihen, die auf eine Minderung ihrer Sauerstoffversorgung mit Funktionsalterationen reagieren? Bekanntlich erblickte *Miescher* in der Eigenart der Gefäßaufsplitterung im Knochenmark die hinreichende Begründung dafür, daß dieses Gewebe bereits auf eine außerordentlich geringfügige Abnahme der Sauerstoffsättigung im Blute in besonderer Weise antwortet. Viele endokrine Organe, vor allem die Schilddrüse, die Epithelkörperchen, die Nebenniere, zeigen morphologisch eine augenfällig starke Kapillarisation und physiologisch eine im Vergleich zu andern Geweben ungewöhnlich reiche Sauerstoffzehrung. Ueberall hier kann der äußere Faktor des Höhenklimas, der geminderte Luftdruck, direkt durch Wandlung der Blutbeschaffenheit einwirken, und wir können aus den bisherigen experimentellen Ermittlungen diese Möglichkeit als tatsächlich zutreffende erkennen.

Die Tatsache der Aenderung der Wasserstoffionenkonzentration im Blute im Sinne der Verschiebung nach der sauren Seite unter niedrigem Barometerdruck kann wohl als feststehend gelten, wenn auch, wie wir gehört haben, die bewirkenden Vorgänge noch nicht ganz klar gelegt sind. Geändertes pH im Blute dürfte sich auch in der Blutdrüsenbeschaffenheit geltend machen.

Fassen wir andere Klimafaktoren wie etwa Wind, d. h. Luftströmungen und die Luftfeuchtigkeit ins Auge, so kann auch hier die Verschiebung der Blutzusammensetzung in der Richtung einer gewissen Eindickung oder Verwässerung durch vermehrte oder verminderte Wasserabgabe als das primäre Moment einwirken, auf welches gewisse Inkretorgane unmittelbar reagieren. Nach klinischen Erfahrungen und experimentellen Feststellungen in meiner Klinik und in meinem Laboratorium, deren ausführliche Darstellung mich hier zu weit führen würde, darf die Hypophyse oder richtiger der *Mittellappen* des Organs, den ich im Gegensatz zu dem *Vorderlappen* der *Wachstumsdrüse* als *Stoffwechseldrüse* betrachte, als eine Stätte angesehen werden, die in enger Zusammenarbeit mit dem hypothalamischen Stoffwechselzentrum einen regulatorischen Einfluß auf den Wassersalzhaushalt ausübt. Wie für das Wärmezentrum die Bluttemperatur ist für diesen Apparat der Wassersalzgehalt des Blutes der adäquate Reiz, der hier wie dort eine gegensinnige Schwankung auslöst und dort zur Isothermie, hier zur Isosmie führt. Anschließend

hieran mochte ich bemerken, daß die Stoffwechseldruse des Hirn anhangs nach unsern eigenen Ermittlungen auch in den *Fettstoff wechsel* in bemerkenswerter Weise eingreift, woraus der auch auf andern Erfahrungen sich ergebende innige Konnex des Wasserhaus haltes mit dem Fettstoffwechsel klar erhellt Aus diesen Ergebnissen entspringende Erwagungen und Gedankengange ermutigen mich zu dem Vorschlage, jene hohenklimatischen Faktoren, auf die der Or ganismus mit einer Bluteindickung antwortet, versuchsweise zur therapeutischen Beeinflussung der Fettsucht auszunutzen ist es doch — gestehen wir es uns offen — mit unserer Therapie auf diesem Ge biete recht schlecht bestellt Praktisch gesprochen konnte ich mir leicht denken daß in Davos wo die Korpergewichtszunahme, die Mast der abgemagerten Kranken, ein Ziel und Nebenprodukt des Heilverfahrens darstellt, auch die Fettleibigkeit, die ich in voller Uebereinstimmung mit Kollegen *Gigon* stets als konstitutionelle betrachte, neben den entsprechenden diatetischen Maßnahmen auch der klimatischen Heilpotenzen teilhaftig werden konnte Eines Ver suches ware die Sache vielleicht wert

Beim Fettstoffwechsel gelange ich zur Besprechung eines wei tern klimatischen Faktors, das ist die *Strahlung* Aus den bisherigen, wenn auch noch sparlichen Versuchen kann man bereits entnehmen, daß manche Formen der strahlenden Energie den Ablauf chemischer Prozesse in verschiedener Weise beeinflussen konnen *Kestner* schreibt der intensiven ultravioletten Bestrahlung die im Hohenklima zu be stimmten Jahreszeiten deutlicher hervortretende Stoffwechselande rung zu und denkt dabei an einen gesteigerten Gewebsabbau als Ver mittlungsfaktor Mit der gleichen, vielleicht noch großern Berech tigung durfte man der Annahme Raum geben, daß die Bestrahlung der Hautoberflache den physiologischen Prozeß der Umpragung des in dem Hautspeicherorgan deponierten, zunachst korperfremden Fettes in korpereigenes auf dem Wege einer Verflussigung des Fettes beschleunigt Experimentelle Ermittlungen in meinem Labo ratorium zeigen, daß die Menge des verflussigten in die Blutbahn gelangenden Fettes ein bestimmendes Moment fur die Richtung und Große der Leistung des zerebralen Fettzentrums und seiner endo krinen Hilfsapparate darstellt An dem Fettstoffwechsel nehmen zweifellos noch eine Reihe von Inkretorganen Anteil, die aus Lipoid gewebe aufgebaut sind, wie die dem Interrenalsystem angehorige Ne bennierenrinde und die akzessorischen Zwischennieren, große Anteile des Keimdrusgewebes beider Geschlechter und die Epithelkorperchen Hier ware auf die interessanten Versuche im Rockefeller Institut in New York hinzuweisen, in denen die Bestrahlung von Kaninchen mit ultravioletten Strahlen der Quecksilberdampflampe schon nach kurzer Zeit auffallige Veranderungen an den Epithelkorperchen kon statiert werden konnten Es sei ferner an die interessanten Mittei lungen von *Moro* uber die Fruhlingstetanie und die analoge Erfahrung der Fruhjahrsexazerbation der epidemisch endemischen

Arbeitertetanie erinnert, Erfahrungen, die durch die nachgewiesenen jahreszeitlichen Schwankungen der Menge der ultravioletten Strahlung unserm Verständnis näher gebracht werden.

Unverkennbar tritt die Beeinflussung des *Hautchemismus* durch die Bestrahlung in den allgemein bekannten intensiven Hautreaktionen zutage. In der eigenartigen Hyperpigmentation erblickt man mit Recht den Ausdruck des geänderten Eigenpigmentstoffwechsels des Hautorganes. Man dürfte aber nicht vergessen, daß zahlreiche experimentelle Befunde den Beweis erbracht haben, daß ein endokrines Organ, die Nebenniere, hier ein gewichtiges Wort mitzureden hat. Anläßlich der Beobachtung eines besonders interessanten klinischen Falles konnte einer meiner Schüler *(Redisch)* die entscheidende Bedeutung des Funktionszustandes der Nebenniere für die Art, Form, Ausbreitung und Intensität der Hauptpigmentierung in klarer Weise dartun.

In den beiden letzterwähnten Fällen der Strahlenwirkungen haben wir weitere Wege der Beeinflußbarkeit des Inkretsystems durch klimatische Faktoren erkannt.

Endlich sei nur noch ganz flüchtig auf die bisher ganz hypothetische *Eigeninkretion der Haut* als auf jene Möglichkeit hingedeutet, die durch äußere Faktoren direkt beeinflußbar eine unmittelbare Beziehung der Umwelt zur Innenwelt der Endokrinen herstellen könnte.

Mit dem Bisherigen habe ich den ungleich schwierigern Anteil meiner Aufgabe erledigt. Ich hoffe Sie überzeugt zu haben, daß das Klima das Inkretsystem beinflussen kann, jetzt will ich es versuchen, in aller Kürze dasjenige darzustellen, was wir über die tatsächliche Beeinflussung wissen. Es ist nicht allzu viel, wenn wir an die Methoden, mit welchen gearbeitet wurde, einen strengen Maßstab anlegen. Die Eigenart des Blutdrüsensystems erklärt die zunächst befremdende Aussage, daß bis heute noch für die Beurteilung des Funktionszustandes und seiner Variationen das Strukturbild und seine Veränderungen die exakteste Methode darstellen, allerdings nur bei richtiger Einstellung zur Morphologie. Die Erwartung, die Inkretstoffe selbst im Blute aufzusuchen und ihre quantitativen und qualitativen Abänderungen abschätzen zu können, hat sich nur in kärglichem Ausmaße verwirklicht. Endlich sind wir dann noch darauf angewiesen, den hormonalen Effekt im oder in den Erfolgsorganen oder auch in den eingeschalteten Zwischenstationen als Maßstab zu benutzen. Da gerieten wir aber auf einen schwankenden Boden. Denn wie immer auch ein Inkret im Erfolgsorgan zur Auswirkung gelangt, ob morphogenetisch oder funktionell oder, um mich der Nomenklatur *Gleys* zu bedienen, ob als Harmozon oder Hormon oder Chalon, die im einzelnen Organ nachweisbare Strukturmodifikation oder Funktionsalteration ebenso wie auf den Gesamtorganismus bezogen, die Aenderungen in Tracht und Gehaben, können nicht auf die

eine oder die andere Blutdrüse, aber auch nicht auf das ganze System restlos bezogen werden. Stets spielen noch weitere Faktoren wie der Eigenbau und das Eigenleben der Organe, das innere Milieu, das Eingreifen des Nervensystems und noch vieles andere in unabschätzbarem Ausmaße mit. Ein naheliegendes Beispiel möge diesen Tatbestand beleuchten. In der Größe des Stoffwechsels oder richtiger des Grundumsatzes konnte man mit gutem Recht ein Maß für die Inkretionsgröße der Schilddrüse, oder genauer für die Größe der Thyroxin-Produktion erblicken. Wissen wir doch aus den exakten Versuchen aus Amerika, daß zwischen der zirkulierenden *Thyroxinmenge* und dem *basal metabolic rate* ein weitgehender Parallelismus besteht. Es wäre aber nicht nur einseitig, sondern durchaus verfehlt, wollte man etwa die Stoffwechselsteigerung im Höhenklima als alleinige Folge einer gesteigerten Thyroxinproduktion ansprechen. Neben andern Faktoren mag auch dieser mitspielen, über seine Größe können wir aber nichts aussagen, insolange die Vermehrung des Thyroxins im Blute nicht quantitativ nachweisbar ist. Aus diesem Beispiel, dem ich viele andere anreihen könnte, ersehen wir, daß wir mit der quantitativen Beurteilung der Hormonfunktion noch in den Kinderschuhen stecken, und daß uns das Davoser Institut als Helfer und Erzieher zur Seite stehen muß, um in eine weitere Entwicklungsphase wenigstens in die Pubertät zu gelangen.

Mit großer Freude habe ich dem interessanten Vortrage des Professors *Haecker* entnommen, daß er der biologischen Frage Klima und tierische Pigmentierung auch mit der Untersuchung der Blutdrüsen nahegetreten ist und in dem untersuchten Spezialfalle der Dunkelpigmentierung der Davoser Krähe bemerkenswerte Befunde an der Schilddrüse und namentlich an der Nebenniere erheben konnte. Hieran möchte ich die Bitte knüpfen, auch bei den weitern experimentellen Studien der Klimawirkungen dem Verhalten der Inkretorgane vor allem in morphologischer Beziehung die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken.

Erlassen Sie mir die detaillierte Anführung der vorliegenden Einzeluntersuchungen über die Beziehungen des Klimas und einzelner klimatischer Faktoren zum Inkretsystem und seinen funktionellen Auswirkungen. Eine Aufzählung der übrigens nicht allzu zahlreichen Arbeiten und insbesondere die notwendige kritische Besprechung würde zu sehr ermüden. Ich kann Sie versichern, daß ich die gesamte einschlägige Literatur gesammelt habe und kann Ihnen versprechen, daß Sie sie in dem baldigst erscheinenden nächsten Teil meines Buches Innere Sekretion, eingehend erörtert finden werden. Gestatten Sie mir daher heute ein gewissermaßen summarisches Verfahren.

Ueberblicken wir die Gesamtheit der Tätigkeiten des Inkretsystems, so dürfen wir wohl ohne Uebertreibung sagen, daß diese unser Werden und Wachsen, unser Sein und Wirken, unser Altern und Absterben mitbestimmend beeinflussen. Das System selbst steht in

seinem Ausbildungsgrade und seiner Aktionsgröße unter der doppelten Bedingtheit von endogenen, im Genotypus verankerten und exogenen, in der Umwelt gelegenen Faktoren Das Klima ist bereits auf Grund der bisherigen Erfahrungen zum Teil Vermutungen, zum Teil experimentellen Ermittlungen als ein gewichtiger äußerer Faktor zu bewerten, dessen Bedeutung die weitere Forschung noch ins helle Licht stellen dürfte

Vor einigen Tagen stand ich in St Moritz in Bewunderung und Ergriffenheit vor dem mächtigen *Triptychon des großen Segantini* das den Titel führt Werden, Sein, Vergehen in der Hochgebirgswelt Das Frühlingserwachen, die Sommerblüte und der Winterschlaf der Natur sind innig ergreifend, majestätisch erhaben, düster erschütternd in dieser Welt Eigenartig und eigenwegig äußert sich das Werden und Wachsen, der Lebensvorgang und Lebensablauf, das Altern und Absterben, oder mit andern Worten, der Aufstieg der Evolution, das Plateau der Lebensreife und der Abstieg der Involution bei Mensch und Tier im Gebirgsklima Man empfindet's, man erfaßt's, nun heißt es ergründen

---

Klima und Schlaf

Von *W. R. Heß*, Zürich

Viele von uns wissen aus eigener Erfahrung, daß Klimawechsel auf den Schlaf zurückwirkt, und zwar oft genug in sehr unliebsamer Weise. Tatsächlich ist der Schlaf, wie *Hellpach* betont, ein äußerst feines Reagens auf die Faktoren des Klimas, sogar der momentanen Witterung. Denken wir z. B. an die schlaffeindliche Wirkung von Gewitter- und Föhnstimmung.

Allen von uns ist auch die hervorragende Bedeutung des Schlafes für unser körperliches und geistiges Wohlergehen bekannt. Der Schlaf zwingt die Folgen ermüdender Tagesarbeit, welche unsere Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, zum Weichen, und er schenkt uns neue Kräfte zu erfolgreicher Absolvierung des Arbeitspensums, welches uns der kommende Tag auferlegt. — Während des Schlafes steht unser Organismus im Zeichen von Restituierung und der Entwicklung neuer Arbeitspotenzen.

Unter solchen Umständen ist es wohl begründet, in einem Zusammenhang von Schlaf zu sprechen, in welchem unser ganzes Interesse darauf gerichtet ist, diejenigen klimatischen Bedingungen zu erforschen, welche geeignet sind, die Restituierung von Gesunden und Kranken zu fördern und dem Körper neue Kraftreserven zuzuführen. Es kann kaum anders sein, als daß der Erfolg einer klimatischen Kur in entscheidender Weise davon beeinflußt ist, wie der Erholungssuchende in seinem Schlafverhalten auf das Heilklima reagiert.

Die Kenntnisse, über welche wir in bezug auf die Abhängigkeit der Schlaffunktion von klimatischen Einwirkungen verfügen, stehen leider in einem schlechten Verhältnis zum offenkundigen Bedürfnis nach exakter Orientierung. Wir dürfen uns allerdings über dies Mißverhältnis nicht wundern. Stellt doch der Schlaf selbst ein Problem mit Fragezeichen dar. Dementsprechend fehlen die wesentlichen Gesichtspunkte, nach welchen wir unsere Erfahrungen über den Einfluß klimatischer Faktoren auf den Schlaf ordnen und beurteilen können.

Mit der Feststellung dieser Tatsache sei ausgesprochen, daß wir unsere Aufgabe nicht als erfüllt betrachten, wenn wir uns darauf beschränken, empirische Erfahrungen zu referieren. Wir wollen auch versuchen, jene Gesichtspunkte zu gewinnen, welche uns die kli-

matischen Einflusse auf den Schlaf verstehen und den Zusammen hang des Schlafverhaltens mit andern Reaktionsformen des Organis mus auf klimatische Faktoren erkennen lassen

Welches sind nun die Erfahrungen uber den Einfluß des Klimas — insbesondere des Gebirgsklimas — auf den Schlaf? Es ist auffallig daß dort, wo ein Klimawechsel den Schlaf beeinflußt dies meist im Sinne einer Schlaf*storung* ist Dies gilt sowohl vom Gebirge wie von dei Subarktis und von den Tropen! Nur das Wustenklima scheint nach *Loewy*'s Referat eine ruhmliche Ausnahme zu machen Die er wahnte Schlafstorung außert sich in der Schwierigkeit, den Schlaf zu finden und in einer Verminderung der Schlaftiefe Es besteht eine ausgesprochene Neigung zu aufregenden Traumen, zu allzu fruhem Erwachen, uberhaupt zu Schlafunterbrechungen, die durch keine außern Ursachen motiviert sind

In bezug auf die *speziellen Momente* welche das Auftreten der Schlafstorung bedingen, ist soviel sicher, daß es sich in der Regel um Menschen handelt, deren Schlafvermogen sich ohnehin in einem Zu stand der Labilitat befindet Auffallenderweise konnen aber gelegentlich gerade solche Leute, die in ihrem heimatlichen Klima sehr von Schlaflosigkeit geplagt sind, mit einer bedeutenden Besserung ihres Zustandes reagieren Indessen ist zu berucksichtigen, daß diese inverse Beeinflussung des Schlafes vielleicht mit den spezifischen Klima faktoren direkt nichts zu tun hat So ist *Goldscheider* geneigt, psychologische Momente, die durch Milieuwechsel im allgemeinen bedingt sind, erklarend heranzuziehen Nach *Schrumpf* soll auch der Schlaf kleiner Kinder besonders gebirgsklimaempfindlich sein Kinder uber 5—6 Jahre schlafen dagegen im Hochgebirgsklima meistens sehr gut

Eine wichtige Rolle in bezug auf die Schlafreaktion spielt naturgemaß das Verhalten am Tage Neuheit und Schonheit der Ge birgswelt kann allzu leicht Veranlassung zu ungewohnten korper lichen Anstrengungen geben Auch wird ja das Gebirge haufig gerade aus touristischen Zwecken aufgesucht Es ist nun Erfahrung, daß der Einfluß des Hohenklimas im Verein mit korperlicher Anstrengung ganz besonders schlaffeindlich wirkt

In *zeitlicher Hinsicht* ist zu sagen, daß es wie bei andern Reak tionsformen auch beim Schlafverhalten im Verlaufe des Aufenthaltes zu einem Abklingen der Storung kommt Ob es dabei beim Tiefland bewohner schließlich zu einem vollstandigen Ausgleich kommt, dar uber fehlen Angaben

Auch in der Periode der Angewohnung wirft die Tagesbeschaf tigung naturlich ihre Einflusse in die Zeit des Schlafes hinein Die schlaffeindliche Wirkung einer korperlichen Anstrengung kann dabei, wenn sie in vorsichtigem Training erreicht wird, sehr leicht in einen schlaffordernden Einfluß umschlagen Ist doch Ermudung der Auf takt einer Umstimmung des gesamten Organismus zu einem Ver halten, in welchem die Ermudungserscheinungen geloscht werden Im Schlaf kommt eine solche Umstimmung in ihrem starksten Akzent

zum Ausdruck. Daß auch das psychische Moment bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Schlafstörung sich ausgleicht, eine wichtige Rolle spielt, sei, weil selbstverständlich, nur beiläufig erwähnt.

Wenn eine weitgehende Besserung und ein vollständiges Verschwinden der Schlafstörung die Regel ist, so bleibt diese Regel doch nicht ohne Ausnahme. Es können Wochen, ja Monate vergehen, ohne daß in bezug auf das Schlafvermögen Akklimatisation erfolgt. Ja es kommt sogar vor, daß anfänglich kaum ein ungünstiger Einfluß des Gebirgsklimas auf den Schlaf bestanden hat, daß sich ein solcher aber zunehmend entwickelt. Es tritt mit der Zeit eine eigentliche Ueberempfindlichkeit auf, aus welcher ein sehr übler Zustand resultiert. An Stelle der Schlafruhe bringt die Nacht einen quälenden Erregungszustand, welcher den Schlaf verscheucht oder nur in Begleitung von schweren Träumen zustande kommen läßt. In solchen Fällen wird die Schlafstörung zum Zwang, dem Höhenklima zu entfliehen.

Aus praktischen Gründen wäre es wünschenswert, wenn Angaben gemacht werden könnten über die *Höhengrenzen*, bei welchen sich im Schlafverhalten Symptome äußern. Es stimmt mit dem, was wir über andere klimatische Faktoren kennen, überein, daß eine solche Grenze nur sehr bedingungsweise angegeben werden kann. Es wird über Fälle berichtet, die schon in Höhenlagen, bei denen man nicht von Gebirgsklima reden kann, mit ausgesprochener Schlafstörung reagieren, z. B. bei 600 Metern, wogegen aber auch vorzüglicher Schlaf in über 2000 m Höhe selbst bei frisch Zugereisten durchaus nichts Ungewohntes ist. Der Höhengürtel, bei dessen Durchschreiten ungünstige Schlafreaktion häufiger hervortritt, scheint bei 1800 bis 2000 m zu liegen. Natürlich kommt es, abgesehen von der Disposition, darauf an, von welcher Höhe aus die Uebersiedelung ins Gebirgsklima erfolgt. Es kann aber nicht gesagt werden, daß es nur auf die Höhen*differenz* und nicht auch auf die *absolute* Höhe ankommt.

Auffallend und mit der einleitend ausgesprochenen Einschätzung der Bedeutung des Schlafes in einem gewissen Widerspruch steht die Erfahrung, daß die Folgen der Schlafstörung dort, wo sie infolge des Höhenklimas auftritt, in der Regel gut ertragen werden. Es hat den Anschein, als ob das subjektive und objektive Schlafbedürfnis herabgesetzt ist, so daß es mit kürzern Schlafperioden und weniger tiefem Schlaf schon gesättigt werden kann. So etwas liegt durchaus im Bereich des Möglichen. Wir kennen die Regel, daß der Mensch durchschnittlich $1/3$ der Tagesperiode zum Schlafen brauche. Es existieren aber Leute, die mit viel weniger Schlaf auskommen, andauernd zu intensiven Leistungen befähigt sind und bei voller körperlicher Gesundheit bleiben. Wichtiger in diesem Zusammenhang ist der Umstand, daß auch für den einzelnen Menschen das Schlafbedürfnis nach Dauer und Tiefe einem Wechsel unterworfen ist. In die Augen springend in dieser Beziehung ist der Unterschied zwischen Sommer und Winter. In besonders starker Akzentuierung tritt nach *Hellpach* der Ge-

gensatz in der Subarktis auf. Wir dürfen dieser Erscheinung kaum die Interpretation geben, daß sie unmittelbar durch die Beleuchtungsverhältnisse, durch Schallreize u. a. veranlaßt sei. Der Wechsel im Schlafbedürfnis ist in komplexer Weise an den Wechsel der Jahreszeiten gebunden.

Zur Erklärung der Erscheinung, daß die durch das Gebirgsklima verursachte Schlafstörung relativ gut ertragen wird, kann auch die Tatsache herangezogen werden, daß das Kurleben nicht allzu große Ansprüche an die Geistesfunktionen stellt. In dieser Beziehung ist zu beachten, daß beim Wachzustand genau so gut wie beim Schlaf die Intensität, mit welcher der jeweilige Zustand ausgebildet ist, verschieden sein kann. Beim Schlaf kommt die Intensität in der Schlaftiefe zum Ausdruck, beim Wachsein gibt es verschiedene Grade geistiger Wachheit. Es kann kaum behauptet werden, daß diese während des Kurlebens in ihrem höchsten Grad zur Entfaltung kommt. Wenn nun tagsüber nur eine geringere Nutzung der psychischen Potenzen erfolgt, so ist es verständlich, daß auch die Gegenphase der Restituierung kürzer und flacher verläuft.

Fragen wir nun nach den Mechanismen der klimatisch bedingten Schlafstörungen, so haben wir an direkt und indirekt wirkende Einflüsse zu denken. Direkte Wirkung liegt vor, wenn das Nervensystem unmittelbar von Faktoren getroffen wird, welche eine Umstimmung desselben im Sinne einer Schlafverdrängung bewirken. Wir werden hierüber noch zu sprechen haben. Indirekte Wirkung entfaltet sich, wenn der Klimaeinfluß primär irgendein anderes Organ trifft, dessen veränderte Funktion erst für die Schlafstörung verantwortlich zu machen ist. In diesem Sinne weist *Schrumpf* dem Herzen eine besonders wichtige Rolle zu. Die Beziehung von Herz zu Schlaf ergibt sich aus der Erfahrung, daß oft das erste Symptom eines manifest werdenden Herzleidens die Schlaflosigkeit bildet. In analoger Weise könnte nun auch akute Herzüberanstrengung, zu welcher die Bedingungen des Gebirges in verschiedener Hinsicht Anlaß geben, in der Genese der Schlafstörung eine besondere Bedeutung haben. Daneben kommen aber auch vasomotorische Reaktionen mit Blutverschiebungen, welche die Gehirndurchblutung in Mitleidenschaft ziehen, in Frage, ferner Einflüsse aus dem Gebiete des Verdauungsapparates. Hier weist *Schrumpf* auf den uns allerdings fraglich erscheinenden Mechanismus eines Empordrängens des Zwerchfelles — mit Rückwirkung auf die Zirkulation — durch die sich ausdehnenden Darmgase hin. Näher liegend erscheint uns die Annahme von Effekten, welche von einem veränderten Verdauungsmechanismus herkommen, sei es, daß sie durch eine Reaktion der die Verdauungsfermente sezernierenden Drüsen bedingt wäre, oder durch Veränderungen im Chemismus der bakteriellen Tätigkeit oder schließlich im Auftreten von Reizstoffen, welche mit den aus dem Gebirgsklima stammenden Vegetabilien, z. B. über die Milch, in das Resorbat des Verdauungsapparates gelangen.

Naheliegend ist auch die Vermutung, daß eine Komponente schlafstörender Wirkungen von der Haut ausgehen kann, zum Teil in Form von qualitativ und quantitativ veränderter Sinnesreize, sei es in Form chemischer Produkte, welche die stark bestrahlte Haut in die Blutbahn wirft. Unter einem solchen Gesichtswinkel lassen sich vielleicht die bereits erwähnten interessanten Fälle einer sich im Gebirgsklima erst nach und nach ausbildenden Schlafstörung verstehen.

In bezug auf die äußern Momente, welche als einzelne klimatische Faktoren zum Schlaf in spezieller Beziehung stehen, sind wir auf spärliche und recht unsichere Vermutungen angewiesen. Wir erwähnen einen Parallelismus zwischen der Schlafkurve einerseits und der Kurve der täglichen Luftdruckschwankungen und der Luftelektrizität anderseits. *Hellpach* hat auf zeitliche Beziehungen dieser Kurven hingewiesen. Eine gewisse Begründung erhält dieser Hinweis durch die Erfahrung, daß besonders in der Zeit vor den Gewittern viele Menschen mit gestörtem Schlaf reagieren.

Eine dem bisher besprochenen Effekte des Höhenklimas gerade entgegengesetzt wirkende Reaktionskomponente betr. Schlaf tritt in Erscheinung, wenn sich der Mensch in *große Höhen* begibt. Müdigkeit, Schläfrigkeit — gesteigert bis zur unbezwingbaren Schlafsucht —, spielen im Bild der Bergkrankheit eine große Rolle. Wenn die Höhe passiv, z. B. im Ballon oder in der Unterdruckkammer erreicht wird, treten die genannten Symptome sogar in erster Linie hervor. Vom klimatisch therapeutischen Standpunkt aus hat diese Erscheinung allerdings geringes Interesse, um so größeres in theoretischer Hinsicht, denn es handelt sich gleichsam um ein physiologisches Experiment, welches geeignet ist, *Beziehungen zwischen Schlaffunktionen und andern Klimasymptomen* aufzudecken. In dieser Hinsicht weisen wir auf die Abnahme der Fähigkeit hin, in qualitativer und quantitativer Beziehung die Skelettmuskulatur zu beherrschen. Auch das Auftreten von Erbrechen im Zusammenhang mit Schlafsucht ist wohl zu beachten.

In bezug auf die äußere Ursache sehen wir klarer als bei der in mittlerer Höhenlage zu beobachtenden Schlaflosigkeit. Es handelt sich zweifellos um eine Folge der Luftverdünnung. Dabei muß allerdings vorerst die Frage offen bleiben, ob die Schlafsucht eine *direkte* Konsequenz insuffizienter Gewebeatmung ist oder ob sich im Mechanismus noch ein Zwischenglied einschaltet. Auf diesen letzten Gedanken werden wir geführt, wenn wir die unter normalen Bedingungen auftretende Müdigkeit und den physiologischen Schlaf nicht als Ausdruck eines wirklichen Unvermögens zu Leistungen auffassen, sondern als Äußerung regulierender Vorgänge. Durch Hemmungen wird — in unserer Beurteilung — dem Organismus ein Verhalten aufgezwungen, in welchem er selbst von Unternehmungen abläßt, welche irreparable Schädigungen zur Folge haben müßten.

Wir berühren damit ein Thema, mit welchem wir uns in letzter Zeit viel beschäftigt haben. Da für uns die Auffassung, die wir uns

über diesen Punkt gebildet haben, wegleitend ist für die Bewertung der im Schlafverhalten zum Ausdruck kommenden klimatischen Einflüsse, müssen wir mit einigen Worten auf die Frage nach dem Wesen des Schlafes eingehen.

Es *trifft* den Kernpunkt unserer Anschauung, wenn wir für die Erklärung von Müdigkeit und Schlaf eine kortikozentrische Betrachtungsweise ablehnen. Der Kortex ist führendes Organ, wo es sich um die Regulation der Beziehungen zwischen Individuen und Umwelt handelt, d. h. um sogen. *animale Funktionen*. In der Ausübung der Schlaffunktionen handelt es sich aber unzweifelhaft um die Regulierung von Verhältnissen im Innern des Organismus, d. i. im Funktionsmilieu der Zellen. Hier ist das vegetative Nervensystem das regulierende Kontrollorgan. Dementsprechend betrachten wir den Kortex im Schlafzustand als *Erfolgsorgan des vegetativen Nervensystems*.

Es ist eine heute viel diskutierte Frage nach dem Vorhandensein und der eventuellen Rolle einer vegetativen Innervation des Skelettmuskels. Man sucht nach der Auswirkung einer solchen Innervationsweise. Wir dürfen die Zeichen nicht übersehen, welche darauf hindeuten, daß der erwähnten Frage ein viel weiter greifendes Problem zugrunde liegt. Es formuliert sich dahin, daß mit dem Skelettmuskel auch sein ganzer Innervationsapparat, nicht ausgenommen dessen höchste Abschnitte im Zentralnervensystem, ferner die animalen Sinnesapparate in ihrer Funktion vom vegetativen Nervensystem entscheidend beeinflußt sind.

Der Schlafzustand ist ein solches Zeichen. Bedenken wir nochmals, daß das Ziel animaler Leistung darauf gerichtet ist, die Wechselbeziehungen zwischen Individuum und Umweltfaktoren zu regulieren, d. h. nach den Interessen des Individuums zu ordnen. Die Hilflosigkeit des Schlafenden ist sehr wenig geeignet, eine solche Ordnung zu treffen! Sie steht zu einer solchen Aufgabe sogar in direktem Widerspruch. Die Funktionsruhe des animalen Systems während des Schlafes ist hingegen in hohem Maße dazu angetan, Aufgaben vegetativer Qualität in Erfüllung gehen zu lassen. Diese Aufgaben bestehen in der Regulierung der Funktionsbedingungen der einzelnen Zellen innerhalb der Gewebe. Hier gilt es zu erkennen, daß im Vollzug dieser Regulierung das vegetative Nervensystem die Führung hat und zwar gleichgültig, ob das Gewebe einem animalen oder einem vegetativen Organ angehört. In dieser Betrachtungsweise ziehen wir den Schluß, daß beim Uebergang vom Wachsein zum Schlaf und umgekehrt der Kortex und seine Hilfsorgane die Funktionsfreiheit nicht „freiwillig" aufgeben und autarchisch zurücknehmen, sondern daß ihnen diese Zustandsänderung durch ein besonderes Regulationssystem auferlegt wird. Der Ursprung der regulierenden Reflexe ist in Verhältnissen im Innern der Gewebe zu suchen. Als Träger dieser regulatorischen Vorgänge kommt im Hinblick auf die Qualität der Leistungen nur das vegetative Nervensystem in Frage

Wesentlich an dieser hier nur kurz skizzierten Auffassung ist die Form, in welcher das vegetative Nervensystem seinen Einfluß auf die animalen Organe geltend macht. Es handelt sich nicht um Reize, die direkt in Funktion des animalen Organes umgesetzt werden, sondern um die Dosierung der Funktions*bereitschaft*, um eine Regulierung der Erregbarkeit. Der Grad dieser Bereitschaft aller animalen Organe erreicht im Schlafzustand sein Minimum.

In bezug auf die durch unsere Auffassung begründenden Beobachtungen müssen wir auf eine an anderer Stelle gegebenen Darstellung hinweisen [1]). Wir treffen solche auf dem Gebiete der Physiologie, der Pharmakologie und der Psychopathologie. Nur *eines* physiologischen Phänomens möchten wir gedenken, weil es uns nicht nur als Argument, sondern gleichzeitig auch zur Erläuterung der in knappen Worten geschilderten Beurteilung dient. Wir meinen das Verhalten der Pupille im Schlaf. Das Auge ist ein Organ, dessen Leistung zu den psychischen Funktionen in engster Beziehung steht. Die Qualität seiner Leistung stempelt es zu einem Organ, welches animale Funktion in höchster Entfaltung hervorbringt. Dennoch sehen wir, wie das vegetative Nervensystem regulierend in seine Funktionen eingreift, indem durch das Gleichgewicht zwischen sympathischer und parasympathischer Innervation der Iris die Pupillenweite bestimmt wird. Die Pupille ist der Regulator für die Lichtfülle, welche auf die Retina gelangt, und zwar ein sehr wirksamer Regulator. Berechnen wir doch, daß die Intensität des zugelassenen Lichtreizes durch das Verhalten der Irisinnervation um das 20fache seines Betrages variiert werden kann. Es fügt sich in das eben gezeichnete Bild, welches wir vom vegetativen Nervensystem als Regulator der *Funktionsbereitschaft animaler Organe machen*, daß im Schlaf die Pupille eng ist.

Vorerst erscheint es als Widerspruch zu dem, was wir über die Bedeutung der Iris wissen, daß wir Engstellung der Pupille auch dann konstatieren, wenn kaum eine Spur von Licht ins Auge fällt. Dieser Widerspruch besteht aber nur solange, als wir eine Ursache unter den *Außenfaktoren* suchen, wie solche im Zusammenhang mit der animalen Sehfunktion wirksam sind. Er fällt dahin, wenn wir im Schlaf einen Zustand erkennen, welcher von *innen heraus*, d. h. aus dem Milieu der Gewebe inszeniert wird und Hemmungen in der Aufnahme des animalen Reizes zur Folge hat. In der Hemmung, welche vegetative Innervation beim schlafenden Auge in die Bahn des Lichtreizes hineinlegt, erblicken wir das Abbild von Verhältnissen, wie sie im Schlafe auch in den Organen der Reizverarbeitung und des animalen Reizerfolges bestehen. Wenn das vegetative Nervensystem das Spiel der Erregungen im ganzen Bereich des animalen Systemes durch Herab

---

[1]) *W. R. Heß*, Ueber die Wechselbeziehungen zwischen psychischen und vegetativen Funktionen. Neurol. und psychiatr. Abhandlung. Heft 2. Orell Füßli Verlag. Zürich 1925.

setzung seiner Funktionsbereitschaft dämpft, so geschieht dies, um optimale Restituierungsbedingungen zu gestalten.

Wir kehren zu unserm speziellen Thema zurück, wenn wir uns nun noch einmal die Frage vorlegen, ob die Symptome der Schlafsucht in großen Höhen Erschöpfung oder Schutz vor Erschöpfung seien. Unser eigener Standpunkt in dieser Frage ist nach dem Gesagten bereits ausgesprochen! Wir können es nicht glauben, daß die Funktionselemente unserer Gewebe, diejenigen des Nervensystems zu allerletzt, den Schädigungen, welche eine Funktion unter ungeeigneten Bedingungen bringen würden, ohne Sicherung *preisgegeben* sind. Viel näher liegt uns die aus unserer Deutung des Schlafphänomens abgeleitete Vorstellung, daß die Gewebeelemente in den Schutz von Reflexen gestellt sind, welche hemmend eingreifen, wenn Läsierung droht. So sind wir geneigt, einen guten Teil von dem, was unter dem Bild von Schwäche und Erschöpfung erscheint, als Ausdruck präventiver Regulierung anzusprechen, wobei speziell der Parasympathikus seine Rolle eines Schutzorganes spielt, welches über die Integrität der Gewebe wacht. Daß sich neben Symptomen der Funktionshemmung auch solche der Erregung in das Krankheitsbild hineinmischen, spricht nicht gegen unsere Deutung. Sehen wir doch auch in andern Situationen, wo die Faktoren des animalen und des vegetativen Lebens im Kampf liegen, diese Mischung sich widerstreitender Effekte.

In bezug auf die Schlaflosigkeit im Gebirgsklima ergibt sich aus dem Gesagten die Erklärung, daß wir es auch hier mit einer an den Organen psychischer Tätigkeit sich auswirkenden Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen sympathischem und parasympathischem Einfluß zu tun haben. Im speziellen kommt ein Vordrängen des sympathischen Prinzipes und seiner hormonalen Hilfsorgane in Frage.

Durch diese Auffassung erhalten wir nun auch den Schlüssel, welcher uns die Beziehung des Schlafverhaltens zu andern klimatisch bedingten Symptomen herstellen läßt. In bezug auf das Herz ergibt sich z. B. die Deutung, daß seine Reaktion auf das Gebirgsklima weniger Ursache als Parallelsymptom zur Schlafstörung ist. Der Kerneffekt ist eine Verschiebung im Gleichgewicht der beiden antagonistischen Abschnitte des vegetativen Nervensystems. Auch das Verhalten von Temperatur und Atmung betrachten wir in erster Linie von diesem Standpunkt, insbesondere die Verschiebung der Erregbarkeit des Atemzentrums.

Durch diese Hinweise laufen wir Gefahr, in unbefugt erscheinender Weise in andere Themata hinüberzugreifen. Dies wollten wir nicht tun. Es kam uns aber — wie in der Einleitung angedeutet — darauf an, die im Schlafverhalten zum Ausdruck kommenden Klimawirkungen *in Beziehung zu andern Reaktionsformen* des Organismus zu bringen, in der Einzelerscheinung das Symptom einer Reaktion des Gesamtorganismus zu erkennen.

Azione del clima sulle funzioni dei centri e degli organi di senso superiori

Relazione di *S Baglioni* Direttore dell Istituto di Fisiologia umana della R Università di Roma

—

Numerose, e talune anche oggi preziose, sono le notizie che troviamo nei vari scritti di antichi medici e letterati amici delle Alpi sugli effetti dell'alta montagna sulle funzioni dei centri nervosi e sulla psiche *N Zuntz* e i suoi collaboratori le ricordano nel primo capitolo del loro classico volume di *Hohenklima* und *Bergwanderungen* (1906), agli illustri scrittori ivi citati forse sarebbe da aggiungere lo Zimmermann col suo celebre trattato della Solitudine

L'epoca delle ricerche moderne scientifiche, come in genere per tutti i capitoli della fisiologia in Alta montagna anche per questo dei centri nervosi e degli organi di senso superiori, si inizia con Angelo Mosso e la sua scuola

La sua Fisiologia dell'uomo sulle Alpi (Milano, Treves 1897, 1898) è una miniera di osservazioni, di ricerche sperimentali di problemi, che sempre attraggono e avvingono la mente del lettori, affascinata dall'entusiasmo e dall ardore che questo grande Fisiologo sapeva porre nelle questioni di fisiologia e d igiene sociale che piu lo attraevano quali la fatica, e l educazione fisica

Fu egli il primo (e non mi è riescito, in una rapida scorsa alla letteratura, di trovare che altri lo abbiano seguito) a ricercare gli effetti dell'alta montagna sul senso visivo

Servendosi della serie di lane colorate di Holmgren tanto della serie variante in gradazioni cromatiche come della serie della stessa tinta variante in intensità (colla mescolanza del bianco e del nero), per cui un colore verde si trovava in sette gradazioni Mosso vide che questo metodo che gli era sembrato abbastanza esatto per studiare la fatica dell'occhio in pianura, al Colle d Olen non valeva ugualmente bene, perche in alto la luce è assai piu viva cosi che già al detto colle vedeva alla distanza di due metri piu distinte tutte le gradazioni dei colori che non in basso, é quando fu sulla vetta della piramide Vincent la luce era cosi intensa che, malgrado il forte abbagliamento, distingueva ancora meglio i colori

„Io credo (egli dice) che il nostro occhio si rinforzi dopo pochi giorni passati sulle Alpi. Esiste secondo ogni probabilità anche un allenamento per l'occhio. Un pittore che esca di inverno dal suo studio e vada in montagna a fare degli studi, vede meno bene la natura, di quanto non la vedrà dopo una settimana di esercizio in piena luce. Delle grandi masse illuminate fortemente, che nel principio sembravano uniformi, mostreranno dopo delle particolarità e dei rilievi che prima non erano percepiti. Le gradazioni delle tinte si renderanno più palesi e l'occhio potrà analizzare assai meglio le ombre e i colori. Quando feci le prime osservazioni al Colle d'Olen erano già tre giorni che io vivevo in mezzo alla neve illuminata dal sole. Alla intensità maggiore della luce che mi faceva distinguere meglio le gradazioni delle lane colorate, credo debba aggiungersi la forza maggiore che aveva acquistato il mio occhio in tre giorni di allenamento."

Fu la difficoltà di poter compiere ricerche esatte di confronto colle condizioni della pianura, che spinse Mosso ad osservare le variazioni dei colori del paesaggio specialmente nell'aurora e nel tramonto, i cui risultati, in forma di impressioni, formano la parte maggiore del suo opuscolo *Un'ascensione di inverno al Monte Rosa*.

Tra l'altro egli da queste esperienze conchiuse che „quando l'occhio era fortemente abbagliato dalla luce vivissima riflessa dalla neve e dai ghiacciai, anche nei gradi estremi poteva ancora distinguere i colori, che sembravano tutti più saturi o più bassi, come dicono i pittori. Il giallo chiaro si confonde col bianco. Il rosa pallido e il rosa scuro sono sporchi e nerastri. Le ombre sono meno digradanti e molli ed all'occhio stanco appaiono più scure. Il verde tende a confondersi coll'azzurro, ed il rosso gli pareva tra tutti i colori quello che l'occhio meglio percepisce anche nella profonda stanchezza."

I colori più brillanti dei paesaggi alpini quali si veggono anche nei dipinti di grandi paesisti di montagna (Calame, Segantini), sono molto probabilmente dovuti alla maggior purezza dell'aria, povera di vapore acqueo, priva o quasi di strati di polvere che costituiscono appunto, come aveva già ben detto Leonardo, altrettanti filtri più o meno opachi ai raggi luminosi, da cui deriva la così detta prospettiva aerea.

Un altro fatto di facile osservazione connesso con questa proprietà dell'aria montana, riguarda gli errori della misura oculare delle distanze. E' noto che prescindendo dai dati che possiamo rilevare dalla prospettiva lineare o geometrica, e riferendoci ai dati della prospettiva aerea, gli oggetti ci sembrano in montagna e nei giorni sereni molto più vicini di quello che essi effettivamente siano. Un simile errore può in pianura solo raramente capitarci, immediatamente dopo una forte pioggia di estate, specialmente in vicinanza del mare, ossia quando l'aria è stata purificata dalla polvere in essa sospesa.

Anche sulle funzioni dell udito (sulle quali non mi e riescito trovare ricerche fisiologiche pur essendo della massima importanza) la stessa proprieta dell'aria montana dovrebbe avere una notevole azione quella di trasmettere con maggiore intensita suoni e rumori che possono essere ancora moltiplicati dall'eco dei burroni e dei canali, o fortemente attutiti dalla nebbia e dalle nubi

Ma e pure un altra proprieta che distingue gli abitanti di alte regioni, l uso di parlare a voce alta per farsi intendere a grandi distanze deve forse aver contribuito allo sviluppo della voce che si osserva anche nel canto degli alpini

Certamente una non piccola importanza deve avere sullo sviluppo della funzione uditiva e della fonazione educandone i centri coll autosservazione continua degli effetti della propria voce, l immenso silenzio verde o candido delle soffici praterie e dei boschi prima e dopo il niveo l'ammanto invernale

Molteplici sono le osservazioni del Mosso e di Galeotti sullo stato dei centri nervosi in alta montagna Esse si riferiscono specialmente a vari disturbi (cefalea, senso di esaurimento e di fatica per effetto del lavoro muscolare nelle salite, o di emozioni) che potremmo dire patologici e piu che al clima sono da attribuirsi a condizioni secondarie delle ascensioni Non mancano tuttavia di confermare l osservazione generale che ha la media altezza sul senso del benessere individuale e dell'umore, che diviene sereno, lieto, euforico, per cui il lavoro muscolare della marcia si compie con minore sforzo e maggiore agilita accompagnato da attivita psichica manifestantesi colla facile loquela, anche in persone abitualmente taciturne e burbere Quando pero l'ascensione raggiunge altezze superiori (che varia a seconda degli individui e dell allenamento) ai fatti euforici subentrano fenomeni depressivi e sgradevoli precursori del mal di montagna della cui genesi e sintomatologia non intendo qui occuparmi

Che i centri nervosi tra tutti gli altri organi e tessuti animali, si caratterizzano per la proprieta di avere il massimo bisogno di ossigeno ho potuto venti anni fa dimostrare sperimentalmente e d allora in poi con altre esperienze mie e dei miei allievi ripetutamente confermare, avendo visto che e possibile far sopravvivere un preparato centrale di rana o di rospo, completamente isolato dal corpo e senza irrorazione sanguigna, per un tempo piu o meno lungo, da un minimo di quasi un ora a piu di 48 ore alla sola condizione che sia continuamente provvisto di ossigeno a una pressione superiore a quella della comune atmosfera del piano sia in forma di gas libero sia in forma di acqua ossigenata La durata della sopravvivenza e poi inversamente proporzionale alla temperatura ambiente

Secondo Mosso di tutti i centri nervosi sottocorticali, i piu eccitabili all azione dell'alto clima sono i centri respiratori bulbari, che reagiscono alla rarefazione aerea (ossia diminuzione di ossigeno)

dopo un periodo più o meno lungo di abnorme eccitamento con un adattamento economico (coll'aumento della frequenza degli atti respiratori, più che coll'accrescere l'intensità dei singoli atti) del ritmo respiratorio, che costituisce un fattore di allenamento o di adattamento opportuno alle speciali condizioni atmosferiche dell'alta montagna. Possiamo considerare questa reazione dei centri nervosi come una adatta reazione difensiva, che fa parte di quel complesso di importanti reazioni difensive o protettive, che costituiscono l'acclimamento e allenamento, e spiegano molti se non tutti i benefici effetti fisiologici di questo clima.

Gli organismi viventi e più specialmente l'uomo differiscono essenzialmente dai diversi meccanici sistemi, anche più complessi, del mondo cosidetto inanimato o non vivente, appunto per questa speciale proprietà di reagire alle cause perturbatrici o modificatrici dei loro processi, con due serie o fasi di fenomeni o effetti: una prima serie di effetti, per così dire, immediati o primari, che consistono in fenomeni di perturbazione e di decorso abnorme dei processi normali, che potremmo quindi dire patologici e che costituiscono o determinano uno stato di malessere o di dolore. Tale stato di malessere o di dolore può manifestarsi sia con fatti di eccitamento (nervoso e cardiaco) com'è il caso più comune e in condizioni di turbamenti lievi o medi, oppure con fatti depressivi, che di ordinario seguono ai primi, e si osservano quando le cause perturbatrici durano più a lungo o sono più severe.

Se in questa prima fase gli organismi viventi non differiscono dai sistemi meccanici fisico chimici sottoposti all'azione di cause perturbatrici, in quanto come essi fatalmente ne subiscono gli effetti, è nella seconda fase che ne differiscono essenzialmente, costituendo questa un carattere essenziale degli organismi viventi. Per essa gli organismi reagiscono alle cause perturbatrici, beninteso quando queste non sono tali da produrre lesioni irreparabili, con un grado di intensità variabile non solo secondo la natura delle cause perturbatrici e della intensità e durata della loro azione, ma anche secondo le condizioni generali di reattività vitale degli organismi, più o meno giovani, più o meno forti, più o meno resistenti, più o meno allenati, dopo un periodo di tempo più o meno lungo, nel quale mano mano vanno scomparendo gli effetti dannosi della prima serie, subentrando gli effetti riparatori e benefici di questa seconda fase.

Il carattere fondamentale di questa fase reattiva consiste nel fatto che i processi che la costituiscono mirano allo scopo di riparare le perdite o di restaurare l'organismo o l'organo leso o perturbato nelle sue funzioni, in modo che esso ne esca illeso non solo, ma quasi sempre più forte e più resistente che non era prima dell'assalto delle cause perturbatrici. Si può quindi considerare questa seconda fase da un punto di vista strettamente teleologico o vitale, poichè è per opera sua che l'organismo si difende e protegge dalle cause dannose.

Non e il caso qui di entrare nella discussione filosofica del teleologismo vitale, allo scopo pratico delle nostre considerazioni e del problema che trattiamo e sufficiente riconoscere se non altro la praticita di usare questi concetti per potere intendere e spiegare i fatti complessi del campo biologico

Si puo pensare che questa seconda fase reattiva coincida o sia in intima connessione con quella proprieta generale della materia vivente che Hering indico col nome di auto governo basandosi sulle sue osservazioni sulle immagini visive postume, egli come e noto fece l ipotesi, che fu poi largamente confermata ed accolta anche per altri sistemi ed organi reattivi, che ad ogni stimolo efficace, provocante una fase di eccitamento che sia accompagnata da fenomeni catabolici, quando cessa lo stimolo, seguono automaticamente, col cessare dei fenomeni catabolici, fenomeni anabolici in senso opposto, che restaurano le sostanze consumate nell'eccitamento, non solo, ma ne producono una quantita maggiore In tal modo alla fine di questo periodo postumo in cui e avvenuto il completo restauro o riposo dell'organo reattivo, l eccitabilita e la capacita di lavoro di esso organo ha raggiunto un grado superiore a quello in cui si trovava nel momento dell azione del primo stimolo

Molti fenomeni dell allenamento specialmente muscolare, sopra tutto la cosidetta ipertrofia da iperattivita, gli effetti benefici dell esercizio funzionale dei vari organi, hanno trovato una facile spiegazione in questi concetti

Questo complesso di reazioni diffensive dell organismo sembra pero molto piu vasto ed importante di quanto potrebbe credersi, tenendo conto di questi fatti di Fisiologia generale Un fenomeno che da principio fu molto discusso, ma che oggi dopo le osservazioni diligenti e scrupolose di N Zuntz e collaboratori sembra assodato e quello che riguarda la funzione emopoietica delle alte montagne oggi sappiamo che questo clima possiede una manifesta azione sull emopoiesi, provocando un notevole aumento degli eritrociti nel sangue, previo eccitamento dell'attivita del midollo osseo specialmente nei giovani individui e come effetto della rarefazione dell'aria, che produce diminuzione dell'ossigeno Evidentemente questo fenomeno puo essere considerato come un mezzo protettivo dell organismo, il quale cerca di difendersi dall azione dannosa della diminuita pressione dell' ossigeno aumentando il numero degli eritrociti che sono gli organi deputati alla funzione respiratoria interna Probabilmente anche i leucociti, ai quali oggi si da tanta importanza nella difesa dell organismo contro i germi patogeni e le malattie infettive, subiranno una modificazione analoga che meriterebbe essere sottoposta ad un attento esame per stabilire se eventualmente l'azione dell'alto clima produca un effetto benefico non solo contro la poverta degli eritrociti, ma anche contro l inerzia fagocitaria

I processi reattivi di difesa che abbiamo sinora considerato decorrono nel nostro organismo silenziosamente e, sino a poco tempo

fa, nella piu completa oscurita e perfetto mistero senza che per questo diminuisse la loro importanza come mezzi difensivi dell organismo

Ma anche nel campo del sistema nervoso e degli organi di senso superiore si possono segnalare fenomeni reattivi di difesa analoghi ai precedenti, che seguono come seconda fase ai fenomeni reattivi prodotti immediatamente dai diversi fattori perturbatori o modificatori delle condizioni vitali che incombono sugli organismi che vivono in pianura E come benefici si devono indicare gli effetti di questa fase reattiva dei processi cellulari nascosti degli organi della vita vegetativa che decorrono incoscienti o subcoscienti o che, tutto al piu contribuiscono a destare nel sensorio quel complesso senso generale della cenestesi del benessere o malessere, cosi pure benefici sono da ciamare gli effetti reattivi secondari che avvengono subcoscienti o incoscienti nei centri spinali, bulbari e sottocorticali (un esempio di questi abbiamo accennato parlando delle modificazioni di adattamento dei centri respiratori) o coscienti, che costituiscono gli effetti superiori psichici connessi coll'attivita corticale che si manifestano in forma di sereno ritorno all equilibrio psichico dopo le emozioni prodotte dalla prima serie di effetti

Come esempio tipico di questa duplice serie di effetti reattivi primari o sgradevoli, secondari o benefici, credo di poter addurre in quel notissimo disturbo cortico sensoriale della cosidetta *vertigine dell altezza* Non e il caso di descriverlo, basta essenzialmente caratterizzarne la patogenesi Persone abituate a camminare nel piano, non trovano difficolta di procedere su un trave di legno lungo alcuni metri e largo 5—10 centimetri, quando questo poggiasse saldamente su un marciapiede o su un pavimento tutti sono in grado, sotto il controllo della vista, di mettere piede innanzi piede senza temere pericolo di oscillare o di cadere da una banda o dall'altra del trave Se si ripete lo stesso esperimento ponendo il trave a cavalcioni fra due saldi pilastri, ma libero nell'aria, ad una certa altezza anche di pochi metri, gli stessi individui non si periterebbero di ripetere l'esperimento, e se fossero costretti, sarebbero paralizzati dalla paura, che si manifesta in forma di vera ambascia, di cadere nel vuoto non considerando che in questo secondo esperimento non si richiede ad essi nessuna attenzione o sforzo neuromuscolare superiore al primo Come e noto la vertigine dell'altezza, che e tanto comune in coloro che ascendono per la prima volta le montagne o una torre dipende precisamente da un errore di giudizio che proviene dall'immagine visiva dell'altezza la quale soverchia il giudizio della solidita che offre sicurezza di passaggio al sentiero Individui che soffrono di questa vertigine, e noto, possono essere condotti a mano dalla guida dopo avere oro bendati gli occhi

L osservazione calma e serena e il riconoscimento dell errore di giudizio che proviene dalla vista, frutto dell'abitudine e dell'esercizio di camminare sulle altezze e di non rivolgere l attenzione ad

altro se non ai movimenti dei propri piedi e alla solidita del terreno, costituisce quella seconda fase reattiva di difesa dell'organismo sano, che nel campo psichico delle emozioni rappresenta uno dei benefici effetti non disprezzabili dell alta montagna, che contribuisce a rinforzare il nostro carattere dando a noi maggior fiducia nell'opera nostra effetto benefico che, come quelli incoscienti cellulari della vita vegetativa, non scompare col nostro ritorno alla vita della pianura ma che portiamo in noi per un tempo piu o meno lungo, gradito dono del soggiorno nei monti

Ueber das Zustandekommen der physiologischen Höhenklimawirkungen

Von *A. Loewy*, Davos

—

Die Kenntnis der Beschaffenheit der verschiedenen Klimate und der Klimafaktoren, aus denen sie sich zusammensetzen, ist die Grundlage zum Verständnis ihrer Wirkungen auf die anorganische und organische Welt; aber Beobachtung und Experiment müssen sich vereinigen, um festzustellen, welcher Art die Wirkungen der einzelnen Klimate sind, und auf welche ihrer Elemente sie sich zurückführen lassen.

Das Höhenklima nimmt unter den Klimaten eine besondere Stellung ein. *Ein* Klimafaktor zeigt ausschließlich in ihm eine mit zunehmender Höhe fortschreitende Veränderung, das ist der Barometerdruck, und damit die Sauerstoffspannung der Atmosphäre, die beide mehr und mehr abnehmen. Ein *zweiter* Faktor zeigt gleichfalls Besonderheiten, nämlich die Sonnenstrahlung. Sie nimmt nicht nur quantitativ mit der Höhe zu, sondern ändert sich auch qualitativ in dem Sinne einer immer stärkeren Anteilnahme der kurzwelligen Strahlen. — Die sogenannten Wärmefaktoren: Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegungen bieten, wenn wir von der allmählichen Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe absehen, keine allgemeingültigen Eigentümlichkeiten. Auf sie sind die topographischen Verhältnisse: ob Tal, ob Hang, ob Grat oder Gipfel, Windschutz, Lage zur Sonne, von wesentlichem Einfluß. Dasselbe gilt für die atmosphärischen Niederschläge. Nur das elektrische Verhalten der Atmosphäre läßt wieder Besonderheiten im Höhenklima erkennen, darin bestehend, daß die elektrische Leitfähigkeit zunimmt, aber die Spannung, das Potentialgefälle in gleichem Maße abnimmt. Jedoch ist über die physiologischen Wirkungen der geänderten Luft-Elektrizität im Höhenklima Sicheres nicht bekannt.

Die vom Höhenklima ausgehenden Wirkungen, die ich im allgemeinen als bekannt voraussetzen darf, müssen demnach zum Teil *unspezifisch* sein, das heißt derart, wie sie sich in allen Klimaten finden. Das betrifft besonders die von den Wärmefaktoren abhängigen Wirkungen. Daneben aber gehen vom Höhenklima *spezifische*, nur ihm eigentümliche Wirkungen aus. Zu ihrer Erklärung

können nach unserm heutigen Wissen nur die beiden Klimafaktoren, die in ihm eine spezifische Beschaffenheit haben: Strahlung und Aenderung des Barometerdruckes, herangezogen werden. Obgleich aber die Fragestellung auf diese Weise sehr eingeengt ist, da ja die Entscheidung nur zwischen 2 Größen zu treffen ist, besteht zur Zeit keinerlei Uebereinstimmung in ihrer Bewertung. Im allgemeinen wird den Strahlungsverhältnissen die bei weitem größere physiologische Wichtigkeit beigemessen, dem Barometerdruck dagegen bis zu Höhen, die ärztlich praktisch gar nicht mehr in Betracht kommen, nämlich bis zu etwa 3000 m, nur sehr beschränkte Bedeutung. Besonders *Kestner* schreibt der Strahlung sehr weitgehende Wirkungen zu, so daß er sie nicht nur für entscheidend für die therapeutische Wirkung eines Klimas, sondern für die Einwirkung desselben auf den Menschen überhaupt ansieht.

Die Strahlung übt direkte und indirekte Wirkungen auf den Körper. Die direkte bezieht sich, wenn wir von der Strahlenwirkung auf unser Sehorgan absehen, auf die bekannten Veränderungen der Haut, insbesondere auf die Pigmentbildung. Die indirekten betreffen innere Funktionen des Organismus: Aenderungen der Atmung, Senkung des Blutdruckes, an die ultraviolette Strahlung geknüpfte Zunahme der Blutzellenzahl, unter Umständen auch Steigerung des Gaswechsels.

Das Verhalten des letztern ist besonders eingehend untersucht worden, ohne daß man bis jetzt etwas Abschließendes sagen kann. Gaswechselsteigerungen auf Bestrahlung sind früher schon von einzelnen Autoren behauptet, von andern vermißt worden. *Kestner* fand sie in Davos nur in der kalten, nicht in der warmen Jahreszeit. Man könnte geneigt sein, der sehr niedrigen Lufttemperatur im Winter die gaswechselsteigernde Wirkung zuzuschreiben, aber *Kestner* möchte die jahreszeitlichen Unterschiede damit erklären, daß er die stoffwechselsteigernde Wirkung der Strahlung zwar auch im Sommer als vorhanden annimmt, daß sie aber nicht in Erscheinung treten soll, weil zugleich der Erhaltungsumsatz zur Verhütung einer Ueberwärmung des Körpers entsprechend herabgesetzt und dadurch die Gaswechselsteigerung durch die Strahlung ausgeglichen wird. Diese Anschauung kann aber noch nicht als sicher bezeichnet werden.

Aber auch in der *kalten* Jahreszeit fand *Kestner* die Gaswechselsteigerungen im Höhenklima nur bei einzelnen Personen, nicht bei allen, und die Unterschiede, die zwischen den bei direkter Sonnenbestrahlung und den bei Sonnenschutz gewonnenen Werten bestehen, sind teilweise sehr gering, in einem Falle bestehen überhaupt keine. Man kann also höchstens sagen, daß bei empfindlichen Personen Bestrahlung im Hochgebirge im Winter Gaswechselsteigerungen auftreten läßt. Diese sollen aber nach Kestner besonderer Natur sein. Sie sollen nämlich nicht, wie gewöhnlich, durch Muskeltätigkeit hervorgerufen werden, vielmehr durch Steigerung der Tätigkeit drüsiger Organe, deren Protoplasma dabei verändert werden soll. Es

würde sich also nicht um eine Steigerung des sogen Betriebsstoff wechsels handeln, vielmehr in den sogen Baustoffwechsel der Or gane eingegriffen werden Der gesteigerte Abbau der Organe würde einen gesteigerten Wiederaufbau, Regeneration und Verjüngung vor bereiten Eine Kritik dieser experimentell noch nicht genügend ge stützten Anschauungen würde zu weit führen

Augenfälliger und sicherer sind jedenfalls *die Strahlenwir kungen bei pathologischen Prozessen* Die Heilung tuberkulöser Knochen und Gelenkerkrankungen, tuberkulöser Drüsen, die sicher gestellte Heilung der Rachitis In diesen Fällen ebenso auch angesichts der Tatsache, daß unter Bestrahlung gesunder Haut abschnitte an Lupus erkrankte, *nicht* bestrahlte Stellen zur Heilung kommen, muß es sich um eigentümliche Fernwirkungen handeln deren Mechanismus noch nicht geklärt ist Es könnte sich um reflektorische Vorgänge handeln auf dem Wege des vegeta tiven Nervensystems, wobei die Erfolgsorgane direkt beeinflußt wür den, oder um die nervöse Beeinflussung innersekretorischer Drüsen deren Sekrete die gefundenen Effekte veranlassen Man denkt aber auch an von der Haut gebildete Hormone, die, in den Kreislauf übergehend, ihre Wirkungen entfalten Nachgewiesen sind diese noch nicht

Bemerkenswert ist jedenfalls daß, wie *Pincussen* hier nachge wiesen hat, einfache Sonnenbestrahlung im Hochgebirge bei gesunden Tieren zu Aenderungen des Mineralstoffwechsels führt, wobei das Kalium im Verhältnis zum Kalzium im Blute abnimmt, im Harn dagegen erheblich zunimmt Kalium und Kalzium stehen, wie beson ders die *Kraus*'sche Schule gezeigt hat in besonderer Beziehung zum vegetativen System Ob und in welcher Art auch die bei Bestrahlung gefundenen Verschiebungen zwischen Kalium und Kalzium Bezie hungen zum vegetativen System haben muß Sache weiterer Unter suchungen sein —

Die gleiche Unsicherheit wie für die Erklärung der Strah lungswirkungen herrschte bis vor kurzem für diejenigen, die von dem zweiten dem Höhenklima spezifischen Klimafaktor, der *Luftdruck erniedrigung* ausgelöst werden Neuere Untersuchungen haben je doch, wenigstens für einige wesentliche Wirkungen, zu einer ein deutigen Erklärung geführt

Entgegengesetzt allen sonstigen Klimafaktoren, und zwar nicht nur den des Höhenklimas, sondern des Klimas überhaupt, greifen die von der Luftdruckerniedrigung ausgehenden Reize nicht am Hautorgan, vielmehr im Körper selbst an

Daß das Leben unter vermindertem Luftdruck von einem ge wissen, individuell übrigens sehr wechselnden Grade ab eine große Reihe unserer körperlichen Funktionen zu ändern und schließlich zu krankhaften Erscheinungen zu führen vermag durch direkten Angriff auf die Zentren dieser Funktionen oder auf die Erfolgs organe selbst, ist lange bekannt Aber bei den Wirkungen, die ich im

Auge habe, handelt es sich nicht um so starke Luftverdünnungen, daß es zu deutlicher Anoxybiose kommt, vielmehr um die schon in *mittleren* Höhen zu beobachtenden gewissermaßen *normalen* Höhenwirkungen. Die Frage ist also, wie weit der verminderte Barometerdruck und die herabgesetzte Sauerstoffspannung wirksam sind für das Zustandekommen der bei der Mehrzahl der Tieflandbewohner beim Aufsuchen von mittleren Höhen sich einstellenden Höhenklimawirkungen, wie weit also in 1000 oder 1500 m Höhe die Aenderungen der Atemfrequenz und Atemtiefe, und damit die Zunahme des Atem-Minutenvolumens, ferner die Zunahme der Blutzellenzahl und des Hämoglobins, die Steigerung der Pulsfrequenz, das Ansteigen des Blutdruckes, das besonders bei ältern Leuten beobachtet wird, endlich die Steigerungen des Gaswechsels durch die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphäre hervorgerufen werden.

Nach der herrschenden Lehre soll die atmosphärische Sauerstoffspannung unter 3000 m Höhe vollkommen ausreichen, um den Sauerstoffbedarf der Organe zu decken. Unter 3000 m sollen die genannten Wirkungen durch irgendwelche andern Klimafaktoren von der Haut aus reflektorisch oder hormonal zustande kommen.

Diese Lehre kann aber kaum zutreffen. — Sie gilt sicher nicht für die Steigerung der Blutzellenzahl, für deren Zustandekommen, wie Versuche am Tiere und Beobachtungen am Menschen lehren, schon in geringen Höhen der erniedrigte Barometerdruck eine Rolle spielt. Aber sie gilt auch nicht für andere Höhenklimawirkungen. Denn es läßt sich zeigen, daß schon in zirka 1500 m Höhe verschiedene, und gerade die deutlichsten der zur Beobachtung kommenden physiologischen Höhenklimawirkungen durch Sauerstoffatmung großenteils oder ganz rückgängig gemacht werden können. Es muß also schon in dieser Höhe Sauerstoffmangel an ihrem Entstehen beteiligt sein, wenigstens Sauerstoffmangel der Gewebe, trotzdem das arterielle Blut, das ihn zu diesen führt, nur wenig an Sauerstoff verarmt ist, und jedenfalls noch so reichlich Sauerstoff führt, daß seine *Menge* zur Bestreitung des Sauerstoffbedarfs zum mindesten des ruhenden Körpers ausreichen müßte. Der trotzdem bestehende Sauerstoffmangel einzelner Organe zeigt einerseits, daß die mit der Höhe abnehmende Sauerstoffspannung des Blutplasmas einen genügenden Sauerstoffübertritt nicht mehr zu allen Organen zustandekommen läßt, und läßt anderseits erkennen, welche Organe in erster Linie auf diejenige hohe Sauerstoffspannung des Blutes eingestellt sind, unter der sie ständig leben, und an die sie gewohnt sind.

Denn nicht alle Gewebe sind gleich empfindlich für die Abnahme des Blutsauerstoffes. Am empfindlichsten scheinen die Zentren für die lebenswichtigsten Vorgänge zu sein: Atemzentrum, Vasomotorenzentrum, wohl auch Herzzentrum. Bei etwa 80 % der aus dem Tieflande zur Höhe aufsteigenden Menschen nimmt das Atemvolumen schon in 1500 m Höhe zu; bei der überwiegenden Mehrzahl der von mir Untersuchten nahm es unter Sauerstoffatmung bis zu den Tief-

landswerten, oder nahe daran, ab, gewöhnlich um so mehr je mehr es in der Höhe gesteigert war. Die Einschränkung des Atemvolumens durch Sauerstoff kann schon hier in Davos bis zu 2 Liter und bis zu fast 36 % ausmachen.

Auch der Blutdruck erweist sich, wenn auch weniger häufig als die Atmung, beim Uebergang in die Höhe gesteigert, nicht selten um 30—50—60 mm, bis zu hypertonischen Werten, insbesondere bei ältern Leuten. Auch er sinkt bei Sauerstoffatmung, so daß die Tieflandwerte erreicht werden können, er kann also durch Sauerstoffzufuhr in wenigen Minuten um 50—60 mm hinabgehen.

Die Steigerungen der Atmung und des Blutdruckes im Hohenklima erklären sich durch Erregung der Zentren infolge von lokalem Sauerstoffmangel, die Wirkung der Sauerstoffzufuhr durch Fortfall dieser Erregung.

Die Höhenklimawirkungen sind nun individuell sehr verschieden ausgebildet, ohne daß man bisher eine für jeden Fall ausreichende Ursache für diese Verschiedenheiten anzugeben wußte. Von dem eben angegebenen Standpunkte aus läßt sich eine Erklärung für das mehr oder weniger intensive Auftreten der Höhenklimawirkungen, für ihr Auftreten teils schon in niedrigen, teils erst in großern Höhenlagen durch eine mehr oder weniger günstige Sauerstoffversorgung der Zentren geben. Daher die starke Höhenwirkung bei Anämischen bei Kranken mit Zirkulationsstörungen. Hierher gehören aber auch die Eigentümlichkeiten älterer Menschen. Bei ihnen sind gewöhnlich die Höhenklimawirkungen besonders ausgeprägt, die Atmungssteigerung hält außergewöhnlich lange an, erhebliche Blutdrucksteigerungen finden sich eigentlich nur bei ältern Leuten, der Gaswechsel bei Körperruhe ist deutlicher und länger erhöht als bei jungen, und die Nachwirkung der Muskelarbeit auf den Gaswechsel dehnt sich weit länger aus als bei Jugendlichen. Alle diese Erscheinungen kann man damit erklären, daß durch sklerotische Prozesse an den Kapillaren oder Präkapillaren der Zentren die Gasdurchlässigkeit durch sie, also die Sauerstoffzufuhr zu den Zentren erschwert ist. Dabei ist aber das Alter nicht maßgebend in dem Sinne, daß proportional den Lebensjahren bei jedermann etwa der Blutdruck ansteigen müßte. Ich habe Tieflandbewohner, die hierher kamen, untersucht, die in den 60er Jahren standen und keine Blutdrucksteigerung zeigten, und solche in den 50ern, bei denen er stark gesteigert war. Das Vorgehen vieler Tieflandärzte, ganz allgemein Personen über etwa 50 Jahren vom Hochgebirgsaufenthalt fernzuhalten, ist demnach nicht gerechtfertigt. Es sollte wenigstens ermittelt werden, ob der Blutdruck im Tiefland überhaupt gesteigert ist und wie er auf Sauerstoffzufuhr dort reagiert. Einzelheiten darüber werden von Herrn *Michaud* vom klinischen Standpunkte aus gebracht werden.

Wenn die Funktionsanregung beim Uebergang ins Hochgebirge und deren Rückgängigmachung durch Sauerstoffzufuhr erkennen lassen, daß die Gewebe an die herabgesetzte Sauerstoffspannung der

Atmosphare nicht gewohnt sind so mußte man annehmen konnen, daß die im Hochgebirge Heimischen unter dem niedrigern Luftdruck der Hohe sich wie die Tieflander im Tieflande verhalten Das ist auch mit Bezug auf Atmung und Blutdruck der Fall Die Atemgroße wurde hier bei den Einheimischen, die ich bisher untersuchte, durch Sauerstoffatmung nicht herabgesetzt, und der Blutdruck der selbst bei Personen bis zu 66 Jahren niedrig war, wurde durch Sauerstoff nicht erniedrigt

Das kann wohl als Zeichen vollkommener Akklimatisation betrachtet werden

Endlich der Stoffwechsel Der Gesamtstoffwechsel, gemessen am *Gaswechsel* erweist sich verhaltnismaßig wenig empfindlich gegen Abnahme des Sauerstoffdruckes Treten aber Veranderungen auf, so bestehen sie zunachst wiederum in einer Anregung, Steigerung desselben und auch diese vermag Sauerstoffatmung herabzusetzen, und zwar nicht nur bei Korperarbeit, was von vorneherein anzunehmen ware, sondern schon bei Korperruhe in mittlerer Hohe Ob hierbei irgendwelche Zentren beteiligt sind, oder ob es sich um Beeinflussung der Zellen selbst handelt, ist ungewiß, zumal ja die Frage der Stoffwechselzentren noch nicht ganz geklart ist

Am *Eiweiß* Stoffwechsel sind zwei Stufen der Wirkung des Sauerstoffmangels zu unterscheiden wohl auch am Gesamtstoffwechsel nur daß bei letzterm die zweite Stufe, die in einer Einschrankung des Stoffwechsels besteht, beim Menschen wenigstens noch nicht sicher beobachtet wurde Bei *maßiger* Luftdruckerniedrigung kommt es zu Eiweißansatz bei *starker* zu gesteigertem Eiweißzerfall unter nachweisbarer Storung des intermediaren Eiweißstoffwechsels der Organe Demgegenuber kommt es im Tiefland zu Eiweißansatz nur durch Muskelarbeit wenigstens beim Erwachsenen Vielleicht ist der Sauerstoffmangel unter dem jede Muskelkontraktion verlauft, auch im Tieflande die Ursache der Neubildung von Muskelsubstanz — Weitere Wirkungen der Sauerstoffatmung die gleichfalls fur einen lokalen Sauerstoffmangel sprechen, hat Herr *Stein* hier festgestellt Sie betreffen Beeinflussung des Tremors und Aenderungen der psychischen Reaktionsgeschwindigkeit Bei den bisherigen Darlegungen befand ich mich auf dem Boden physiologischer Versuche Nicht durch solche sondern durch Modellversuche hat jungstens Jacobj die *mechanischen* Wirkungen naher zu prazisieren versucht die der Uebergang unter Luftverdunnung mit sich bringen soll Mechanische Wirkungen beim Uebergang in dunnere Luft wurden schon fruh behauptet, aber meist als physikalisch nicht genugend gestutzt abgelehnt, mit Ausnahme der physikalisch einwandfreien Ausdehnung der Darmgase und ihrer Folgen fur die Einschrankung des Brustraumes fur das Verhalten des intrapleuralen Druckes und fur die Zirkulation im kleinen Kreislauf

Jacobj zeigt nun, daß wenn Luftdruckanderungen auch auf alle *außern* Oberflachen eines Systems gleichmaßig einwirken sie doch

nicht auf alle *innern* Teile gleichmaßig zur Wirkung kommen, wenn innere elastische Krafte ihnen entgegenwirken Dahin wurde gehoren die verschiedene Elastizitat der Gewebe, von Einfluß konnen aber auch sein die in den Korperflussigkeiten gelosten Gase, die bei Verminderung des Außendruckes ihr Volumen vergroßern

Dadurch, daß die Luftverdunnung sich auf die innern Korperteile verschieden gestaltet, kann es zu Verschiebungen beweglicher Massen, insbesondere des Blutes kommen, das zu den Orten niedrigern Druckes stromt In Betracht kommen hierbei vor allem die Lungengefaße In ihnen soll es dadurch zu der von anderer Seite schon auf Grund von Tierversuchen behaupteten Blutansammlung kommen damit zu vermehrter Arbeit des rechten Ventrikels und zu dessen Hypertrophie, die mehrfach — so bei im Hohenklima lebenden Vogeln — angegeben worden ist Die Frage ist jedoch, wie weit die Ergebnisse dieser Modellversuche besonders in quantitativer Hinsicht auf den lebenden Korper ubertragen werden konnen — Auf weitere Modellversuche *Jacobj*'s, die die Festigkeit der Gelenke bei abnehmendem Außendruck betreffen, kann ich nur hinweisen Sie knupfen an die alten Versuche der Gebruder *Weber* an, wonach der Luftdruck ein wesentliches Moment fur den Zusammenhalt der Gelenke darstellt Sinkt er, so werden von einem bestimmten Grade der Luftverdunnung an unter Dehnung der Gelenkbander die Gelenkenden aus einanderstreben Die verminderte Pressung der Gelenkenden, der verminderte Reibungswiderstand geben zunachst das Gefuhl leichterer Beweglichkeit bei Muskelarbeit, z B beim Wandern Bisher wurde das leichtere Wandern im Hochgebirge auf die infolge der leichtern Wasserverdunstung verbesserte Warmeregulierung, auf die dadurch erzielte geringere Steigerung der Korpertemperatur bei Muskelarbeit im Hochgebirge bezogen

In *großern* Hohen macht sich demgegenuber eine schnellere Ermudbarkeit bemerkbar, die *Jacobj* auf die durch die Dehnung der Gelenkbander ausgeloste Steigerung des Muskeltonus bezieht — Zugegeben selbst, daß die genannten mechanischen Wirkungen in dem von *Jacobj* angegebenen Maße bestehen, so treten sie doch gegenuber den chemischen Wirkungen in den Hintergrund

Zum Schlusse mochte ich darauf hinweisen, daß das Hohenklima auch auf das *Zustandekommen von Arzneimittelwirkungen* Einfluß hat Das ist bis jetzt bewiesen fur einige Inhalationsnarkotika *Bromathyl* und *Bromoform* Man braucht schon hier in Davos wie *Hesse* fand, bei weitem mehr von ihnen zur Herbeifuhrung der Narkose als im Tieflande, noch mehr 1000 m hoher Zunachst muß die prozentische Narkotikum Konzentration in der Atemluft im Hohenklima großer sein als im Tieflande, um den gleichen Partiardruck des Narkotikums in der Atemluft zu erzeugen und damit ceteris paribus die gleiche Narkotikumkonzentration im Blute herbeizufuhren Das ist verstandlich und erklart sich aus den physikalischen Gasgesetzen Aber es ergab sich vielfach, daß auch die Narkotikum-

konzentration im *Blut* hoher liegen mußte als im Tiefland, um Narkose zustande kommen zu lassen Die Ursache *dieses* Befundes ist noch nicht sicher gestellt, *Hesse* fuhrt ihn auf gesteigerte Erregbarkeit der Großhirnzentren zuruck die schwerer ausgeschaltet werden konnen

Ebenso verhalt es sich mit dem *Alkohol* Schon fast 2 Jahrhundert alte, aus den Anden stammende Erfahrungen sprachen dafur, daß der Alkohol im Hohenklima weniger berauschend wirkt als im Tieflande Man kann als Tieflander diese Angabe schon hier in Davos bestatigen Hier von *Biehler* ausgefuhrte Versuche ergaben nun daß bei Einfuhrung gleicher Alkoholmengen in den Magen die Alkoholkonzentration im Blute um so niedriger liegt, je hoher man sich uber dem Meeresspiegel befindet sie war im Tiefland am großten, geringer hier in Davos, noch geringer 1000 m hoher auf Muottas Muraigl im Engadin Dieser Befund kann die geringere Wirkung des Alkohols auf das Großhirn erklaren Worauf jedoch diese Abnahme der Alkoholkonzentration im Blute mit zunehmender Hohe bei gleicher Aufnahme in den Magen beruht, ist noch genauer zu untersuchen Die gesteigerte Atmung in der Hohe und die damit gesteigerte Abdunstung von Alkohol mit der Ausatmungsluft haben jedoch einen Anteil daran

Zusammenfassend ergibt sich, daß die wesentlichen sicher gestellten Wirkungen des Hohenklimas auf die physiologischen Vorgange mit der verminderten Sauerstoffspannung der Hohenluft zusammenhangen und als die Folgen zentralen Sauerstoffmangels zu betrachten sind Auch die bisher gepruften pharmakologischen Wirkungen lassen sich daraus erklaren — Die Wirkungen der Sonnenstrahlung scheinen mir in ihrem Wesen noch nicht eindeutig klargestellt zu sein — Mechanische Wirkungen sind neben den chemischen bezw physikalisch chemischen vorhanden, spielen jedoch nach den bisherigen Feststellungen keine maßgebende Rolle fur das Gros der Hohenklimawirkungen

Sull' acclimatizzazione e l'allenamento dell'uomo nell' alta montagna, nel periodo dell'involuzione senile

Prof *Benedetto Morpurgo* Torino
(Istituto Mosso, Col d'Olen, diretto dal Prof *A Herlitzka*)

— -

E diffusa fra i medici pratici l opinione che le cure climatiche in alta montagna e gli esercizi fisici dell'alpinismo non siano da con sigliare a persone di eta avanzata, che abitualmente vivono al piano Invero questa opinione e fondata piuttosto sulla cautela di non esporre degli individui con apparato circolatorio e respiratorio non perfetta mente sano all' azione, per essi non indifferente e talora pericolosa, dell'altezza e del clima alpino ed alla fatica delle ascensioni, che non sulla precisa conoscenza che l eta avanzata di per se, cagioni intol leranza per quei fattori climatici e sportivi

Esistono singole esperienze fisiologiche eseguite in alta mon tagna su persone non giovani, ma finora non mi risulta che sia stato posto nettamente il quesito come si comporta l'organismo dell'uomo nel periodo dell' involuzione senile di fronte all'acclimatizzazione in alta montagna ed all'allenamento ad un moderato esercizio alpinistico? Questo quesito mi è sembrato degno di studio, specialmente se esso venga trattato riguardo ad individui che sogliono abitare nelle citta, al piano, e siano dediti ad occupazioni sedentarie, in quanto che a tali individui il medico pratico assai spesso è chiamato a dare un consiglio riguardo alla scelta di luoghi di cura climatica, adatti per rinvigorire il corpo e rasserenare lo spirito nei periodi delle ferie

Le mie osservazioni furono iniziate nell anno 1921 quando compii il 60° anno di eta e furono ripetute nel 1922 e in quest anno con metodi pressoche invariati o leggermente modificati in seguito all esperienza precedente

La mia persona e particolarmente adatta a questo studio perche ad onta che sia in me iniziato il periodo dell involuzione non ho finora nessun segno di alterazioni organiche ne una notevole diminuzione della capacita di lavoro e sono dotato di un leggero grado di bradicardia congenita abito almeno per dieci mesi dell anno in citta al piano ho un occupazione quasi esclusivamente mentale non faccio metodici esercizi ginnastici o sportivi sebbene sia fino dall infanzia amante delle lunghe passeggiate Posso dunque considerarmi come un uomo normalmente invecchiato di abitudini uguali a quelle della maggior parte degli impiegati e dei pro

fessionisti Il peso del mio corpo varia poco ed oscilla fra i 70 ed i 72 chilogrammi la mia altezza e di m 1 66 le musculature sono discretamente robuste il perimetro toracico e di 98 cm Non ho avuto alcuna malattia che possa influire sulla costituzione generale venticinque anni or sono mi sono fratturato la gamba destra riportando un breve accorciamento dell arto il quale ha alquanto modificato la statica dello scheletro e diminuito lo sviluppo delle muscolature della meta destra del corpo

Gli esperimenti furono eseguiti all Istituto Mosso sul M Rosa a 2900 m di altezza in immediata prossimita dei ghiacciai Nelle ricerche sono stato efficacemente aiutato dal dottor Angelo Rabbeno che qui voglio ricordare con gratitudine

Alla fine dell anno scolastico dopo la meta di luglio prima di partire per il M Rosa eseguii a Torino (m 276) tutte le ricerche che intendevo di ripetere all Istituto Mosso riguardo all acclimatizzazione e le stesse esperienze ripetei dopo il soggiorno al Col d Olen durante l inverno quando la temperatura era in citta presso a poco uguale a quella dell alta montagna

I dati che ho raccolto riguardano il peso e la temperatura del corpo il numero delle pulsazioni e la curva sfigmografica la pressione del sangue il numero dei respiri la capacita vitale la ventilazione polmonare la quantità di O consumata e quella di CO espirato la tolleranza agli idrocarbonati il numero dei globuli rossi e la formula leucocitaria

Il dati ricavati a Torino nell estate e nell inverno furono paragonati con quelli ricavati al Monte Rosa a riposo al fine di ottenere degli indizii riguardo all acclimatizzazione questi ultimi dati furono alla loro volta paragonati con quelli che risultarono dopo le escursioni al fine di ottenere indizii riguardo all allenamento

L allenamento e consistito in gite piu o meno lunghe senza regola fissa perche le condizioni climatiche a 3000 metri non permettono una eccessiva schematizzazione senza pregiudizio della salute del soggetto in esame e quindi senza pericolo che l esperimento venga turbato da fattori patologici I risultati dell allenamento vennero controllati mediante una passeggiata campione della durata di ore 4 30 senza i riposi la quale consisteva nella discesa fino a 1900 m e nella risalita all Istituto Cosi facendo il fattore esercizio fisico non veniva turbato da fattori climatici diversi da quelli che erano presenti durante il riposo

Qualche volta ho fatto gite molto lunghe e faticose per vedere se nel periodo d involuzione la fatica in alta montagna assumesse qualche particolare aspetto ma nelle condizioni nelle quali ho eseguito tali esperimenti non ho potuto rilevare tutti i dati richiesti e percio di queste farò appena cenno

Ora passero rapidamente in rivista i risultati che ho ottenuto, riassumendo i dati dei tre periodi delle ricerche non essendo finora intervenuto alcun notevole mutamento dal 60° al 64° anno compiuto di eta

Peso del corpo

Il peso del corpo che come ho gia detto in me è molto costante, ha variato pochissimo nel periodo di riposo al Monte Rosa

Nei primi giorni, probabilmente per l aumento dell appetito e per il riposo della mente crebbe di poche centinaia di grammi poi durante il periodo di allenamento anche nei giorni di riposo diminui di ½ kgr al massimo per ricrescere poi nell ultimo periodo del soggiorno in montagna fino a raggiungere il peso trovato a Torino

Queste piccole oscillazioni nel peso, ben lungi dal significare uno squilibrio del ricambio si spiegano col lavoro aumentato anzi, dato

l'insolito e notevole lavoro fisico, è da meravigliarsi che sia stata possibile una compensazione così rapida e perfetta delle perdite.

I risultati alquanto discordanti, ottenuti da *Mosso*, *Cohnheim* e *Krieglinger*, *Galeotti* e *Signorelli* devono a parer mio essere ritenuti come dipendenti da condizioni individuali e non da un'azione determinata dal clima d'alta montagna sul ricambio, perchè nelle mie esperienze, trattandosi d'un soggetto a peso del corpo molto costante ed essendo i compensi alle perdite regolati solo dall'istinto, il peso si mantenne invariato.

Diminuzione forte del peso del corpo ho constatato invece dopo le escursioni, come tutti i precedenti ricercatori avevano trovato anche nelle persone giovani.

La perdita di peso dopo le escursioni campione fatte senza soste e senza pasti fu di 1.500—1.700 gr. anche dopo l'allenamento, al 25° giorno di permanenza al Col d'Olen. Il riacquisto del peso iniziale fu rapido e quasi sempre si compì in una giornata. Dopo brevi escursioni con poca perdita di peso il giorno dopo l'escursione si notò un aumento del peso in confronto con quello precedente all'escursione. Dopo escursioni più lunghe e specialmente dopo salite su ripidi pendii erbosi in giornate calde con una profusa sudazione si ebbe una assai più forte perdita di peso, persino di 3000 gr. e una durata più lunga del periodo per il riacquisto del peso iniziale.

Il rapido riacquisto del peso dopo l'escursione è accompagnato da una notevole ritenzione d'acqua.

Temperatura del corpo.

La temperatura del corpo a riposo al Col d'Olen fu trovata dai precedenti ricercatori poco o nulla modificata. In alcuni soggetti (*Muller*) fu constatato un lieve aumento. Ad altezze maggiori la temperatura aumenta in quasi tutti i soggetti e secondo *Durig* e *Zuntz* la regolazione del calorico diventa meno precisa.

Le mie esperienze furono fatte con la misurazione nel retto e nell'ascella al mattino prima della levata e alla sera a letto. A Torino in estate la temperatura al mattino è 36.2³ (asc.), 36.6⁷ (rett.), alla sera 36.6 (asc.), 37.0 (rett.). A Torino d'inverno la temperatura risultò di 2 decimi più alta. Al Col d'Olen nei primi giorni dopo l'arrivo la temperatura fu un poco più alta che a Torino d'estate: 36.8 (asc.), 37.2 (rett.), ma andò diminuendo nei giorni seguenti con piccole oscillazioni così che le medie risultarono presso a poco eguali a quelle trovate al piano: quella del mattino 36.4 (asc.), 36.7 (rett.), quelle della sera 36.8 (asc.), 37.0 (rett.).

Il leggero aumento della temperatura al Col d'Olen, non può essere di certo attribuito ad un disturbo della termoregolazione dipendente da difettoso adattamento al clima montano nell'età avanzata perchè esso fu trovato anche in persone giovani e in me fu piccolissimo. Anzi dubito che esso sia comunque da attribuire all'altezza, perchè ho osservato anche a Torino, a riposo, nell'inverno, un leggero aumento della temperatura in confronto con l'estate; fatto questo che può essere cagionato dalla grande eccitabilità dei miei nervi vasomotori di fronte all'azione della bassa temperatura: nell'inverno vado soggetto

all'asfissia delle dita delle mani ed anche in alta montagna mi è capitato di osservare, quando faceva freddo, di avere d'un tratto le dita morte. L'eccessiva limitazione dell'eliminazione del calorico in seguito allo stimolo del freddo, potrebbe spiegare, senza il contributo dei fattori speciali del clima di alta montagna, un lieve ristagno di calore.

Dopo le escursioni la temperatura misurata alla sera alcune ore dopo il ritorno all'Istituto, fu nel primo tempo dell'allenamento un poco maggiore di quella dei giorni di riposo.

In seguito, specialmente se la gita era stata fatta in giornate calde sotto un forte sole e durante la marcia la sudazione era stata profusa, la temperatura alla sera era un poco più bassa di quella dei giorni di riposo. Mai neppure dopo una lunghissima escursione (marcia di 16 ore al Corno Bianco) ho trovato temperatura elevata oltre il limite normale.

In complesso posso affermare che la termoregolazione non subisce anche nell'età avanzata disturbi per il soggiorno e per il lavoro in alta montagna.

Polso

Frequenza del Polso. È riconosciuto generalmente che in tutte le età la frequenza del polso cresce nell'alta montagna indipendentemente da qualsiasi altro fattore di eccitamento dell'azione del cuore. *Kronecker* ha trovato in un uomo di 70 anni che abitava a Zermatt (1600 m) un aumento di dieci pulsazioni al Breithorn (3750 m). La frequenza diminuisce con l'acclimatizzazione fra il terzo ed il quarto giorno di permanenza ad altezze anche superiori a 3000 m (fratelli *Loewy* e *Zuntz* alla Capanna Gnifetti 3620 m, *Mosso* sul Monte Rosa) la frequenza diminuisce notevolmente e può raggiungere la normale.

Nelle mie esperienze sull'acclimatizzazione il numero delle pulsazioni alla radiale fu contato a perfetto riposo al mattino in posizione semisdraiata ad occhi chiusi e braccio adagiato su un tavolo. Il numero dei polsi a Torino nell'estate del 1921 e del 22 oscillò fra 53 et 54, nell'inverno fu di 50—51. Al Col d'Olen nel 1921, primo anno di soggiorno in alta montagna, il giorno dopo l'arrivo all'Istituto la frequenza salì a 59 (6 pulsazioni di aumento) e il quarto giorno era scesa sotto la normale (46). La media di tutto il periodo di permanenza in alta montagna fu di 52. Nel 1922 a Torino la frequenza del polso era di 54; al Col d'Olen il giorno dopo l'arrivo fu di 52 e poi scese al quarto giorno fino a 45, poi risalì e poi fino intorno a 50. La media nel periodo di soggiorno al Col d'Olen fu di 49 (25 giorni). Quest'anno 1925 un giorno dopo l'arrivo al Col d'Olen la frequenza del polso al mattino era di 52, mentre il giorno della partenza da Torino era di 50.

È evidente pertanto che, probabilmente in relazione con la bradicardia congenita, in me la salita in alta montagna non cagiona un notevole aumento delle pulsazioni e può anche essere seguita da una lieve diminuzione. Sono ben lungi dal credere che questo ultimo fatto dipenda dall'altezza e suppongo che altri fattori climatici e sopratutto la temperatura relativamente bassa, possano, in un individuo bradicardico, abbassare di tanto la frequenza del polso che l'influsso dell'altezza risulti annullato e persino apparentemente invertito.

Questa ipotesi è suffragata dal fatto che durante l'inverno a Torino la frequenza del polso era minore che nell'estate e dalla circostanza che nel primo anno il giorno dopo d'arrivo al Col d'Olen nel quale trovai

aumento della frequenza dal polso la temperatura dell'ambiente era alta (15° 5 alle ore 6 del mattino) e che il giorno prima avevo compiuto d'un tratto la salita da Alagna fino all'Istituto, con molta fatica, mentre nel secondo e nel terzo anno nel quale non trovai aumento della frequenza del polso avevo fatta la salita in due tappe e contati i polsi 24 ore dopo l'arrivo in una mattinata fresca.

Le mie esperienze fatte sopra un soggetto sano moderatamente bradicardico, dimostrano che anche nell'uomo a riposo la diminuzione della pressione atmosferica corrispondente ad altezze intorno ai 3000 m, non ha un effetto notevole sulla frequenza del polso e che questa, quando si verifica, probabilmente dipende da altri fattori del clima montano e da fattori individuali. Con questa conclusione si accorda il risultato ottenuto da *Loewy* sul cane nella camera pneumatica.

La frequenza del polso nel lavoro muscolare cresce in alta montagna più che al piano. Questo aumento si fa meno forte in seguito all'allenamento.

Come si comporti il polso durante e poco dopo il lavoro nelle persone di età avanzata non mi risulta che sia stato finora studiato. Le mie esperienze furono fatte confrontando il numero dei polsi al mattino prima della partenza per la gita campione e all'arrivo all'Istituto dopo la gita. In tutte le prove è risultato un aumento notevole della frequenza di 44 e 48 pulsazioni dopo le due prime gite, di 41 dopo la terza e di 31 dopo la quarta. Questi dati collimano con quelli della massima parte degli autori che studiarono persone di età giovane o matura. L'aumento della frequenza cala abbastanza rapidamente nel riposo, però non scompare che alcune ore dopo l'escursione. Anche 6 ore dopo il ritorno ho verificato un aumento di 12 a 15 pulsazioni. Dopo il riposo della notte il polso è per lo più tornato normale; soltanto dopo gite molto lunghe e faticose (Corno Bianco 16 ore di marcia) ho constatato anche nel giorno seguente un aumento di 15 pulsazioni.

Anche ad altezza maggiore di 3000 m, alla *Capanna Gnifetti* (3620 m.) ho trovato 10 minuti dopo l'arrivo un aumento non eccessivo della frequenza (37 pulsazioni più che alla partenza) al principio dell'allenamento e uno un po' minore (33 pulsazioni in più) alla fine del soggiorno in alta montagna.

In complesso l'involuzione senile in un individuo leggermente bradicardico non esercita una notevole influenza sulle variazioni della frequenza del polso cagionate dal soggiorno e dal lavoro in alta montagna e l'acclimatazione e l'allenamento raggiungono effetti analoghi a quelli che furono verificati nell'età giovane e nell'età matura.

A proposito della curva del polso gli autori si accordano nell'ammettere che essa non soffre variazioni notevoli per effetto dell'altezza e che tutte le anormalità registrate devono essere attribuite in parte all'azione del freddo, del vento, della luce, in parte alla stanchezza. Alcuni osservatori (Galeotti e collab.) hanno rilevato che lo sfigmogramma della stanchezza ed altre modificazioni della curva del polso (celerità, abbassamento dell'elevazione dicrota o sua scomparsa) perdurano a lungo anche dopo il riposo della notte. Le mie osservazioni collimano con quelle dei precedenti ricercatori.

Le curve vennero scritte con uno sfigmografo a contropressione pneumatica con cuscinetto elastico applicato nel cavo popliteo. Lo sfigmogramma a Torino d'estate risultò alquanto diverso che d'inverno. Nella stagione calda l'elevazione primaria era meno alta e meno ripida che in quella fredda ed anche la catacrote era più lenta: il polso era dunque meno grande e meno celere.

A Col d'Olen il polso divenne nei primi giorni più grande e l'elevazione dicrotica si spostò alquanto verso l'alto: questi segni di una più energica azione del cuore e dei vasomotori durarono per tutto il primo periodo di soggiorno nel quale essendo il tempo sereno stavo molto all'aperto e passeggiavo moderatamente; poi quando il tempo si guastò e dovetti stare rinchiuso nell'Istituto lo sfigmogramma ritornò identico a quello di Torino.

Questa osservazione dimostra che anche nell'età avanzata il soggiorno in alta montagna cagiona un moderato eccitamento della funzione del cuore e dei vasi, ma che questa benefica azione non dipende dall'altezza ma da altri fattori climatici e dal lavoro.

Gli sfigmogrammi, scritti dopo le escursioni campione, hanno dimostrato senza eccezione una curva di affaticamento caratterizzata specialmente dallo spostamento in basso dell'elevazione dicrota fino all'ascissa e qualche volta anche sulla linea anacrotica dell'onda seguente. Oltre a ciò ho trovato qualche intermittenza. Questi fenomeni di affaticamento del cuore dopo l'escursione risultarono meno spiccati alla fine del soggiorno in montagna dopo l'allenamento.

Le alterazioni più forti dello sfigmogramma furono osservate dopo gite faticose in giornate calde.

Il ritorno alla curva normale avvenne presto dopo poche ore di riposo. Anche dopo una gita lunghissima (16,30 h) e faticosissima aggravata dalla nebbia e dalla neve e dal sopraggiungere della notte la curva del polso dopo 12 ore di riposo era ritornata perfettamente normale.

Dall'insieme di questi fatti ho concluso che lo sfigmogramma durante il soggiorno in alta montagna, a riposo, non rivela nelle persone di età avanzata alcun fenomeno di disturbo della circolazione, che gli eccitamenti della vita lieta in clima alpestre recano un rinvigorimento della funzione del cuore e dei vasi e che i fenomeni della stanchezza del cuore e dei vasi dopo una faticosa salita non oltrepassano i limiti osservati anche nei giovani, diminuiscono con l'allenamento, durano poco tempo e scompajono senza lasciare traccia.

Pressione nelle arterie

I risultati dei diversi ricercatori riguardo alle variazioni della pressione del sangue in alta montagna sono assolutamente discordanti. Condurrebbe a una troppo lunga esposizione il riferirli e non se ne trarrebbe alcuna conclusione sicura.

Evidentemente la disposizione individuale ha un'influenza grandissima e ad onta dell'autorità dei diversi ricercatori bisogna convenire che di questo fattore non è stato tenuto bastantemente conto. Non di meno le esperienze fatte nell'ultimo decennio hanno persuaso che ad onta di grandi variazioni da un individuo all'altro il soggiorno in alta montagna e specialmente gli esercizii alpinistici cagionano anche nei sani un aumento della pressione del sangue. Secondo i risultati di *A. Lœwy* l'aumento della pressione sarebbe più evidente nelle persone di età avanzata.

Le mie esperienze furono eseguite con l'oscillometro di *Pachon*; quest'anno le ho controllate anche coll'apparecchio di *Riva Rocci*. La pressione

misurata coll oscillometro a Torino d estate ha dato in media i seguenti risultati Pr mass 150 Pr min fra 80 e 100 d inverno la massima fu alquanto piu alta la minima piu bassa Coll istrumento di *Riva Rocci* oscillo fra 130 e 135

Al Col d Olen la pressione massima nel giorno seguente alla salita non supero quella del piano, ma ando crescendo nei giorni successivi, supero una volta 200 e in media fu di 175, la pressione minima diminui nei primi giorni poi crebbe alquanto, ma meno della massima

Col *Riva Rocci* quest anno ho trovato al Col d Olen il giorno dopo l arrivo, 135

In complesso e risultato un moderato aumento della pressione del sangue durante il riposo ma questo aumento non fu subitaneo, ma graduale, e percio mi sembra poco probabile che esso debba essere attribuito direttamente alla diminuzione della pressione barometrica

Ad onta dell eta avanzata il soggiorno in alta montagna non ha cagionato nel mio organismo quelle variazioni di pressione che furono segnalate da *Luscher* sul Jungfraujoch

Dopo le escursioni (15—30 minuti dopo l arrivo) le pressioni massima e ancor piu quella minima furono trovate piu basse che prima dell escursione In generale la diminuzione e risultata piu forte dopo le escursioni piu faticose quelle nelle quali lo sfigmogramma denotava affaticamento del cuore e rilasciamento del tono vasale In poche ore di riposo la pressione ritornava al livello normale e talora saliva alquanto oltre al limite di questa

Le mie esperienze sulle variazioni della pressione arteriosa in alta montagna mi confermano l opinione che vi sono grandi differenze individuali e che anche nell'eta avanzata si possono avere modificazioni assai piccole le quali possono essere spiegate con un moderato eccitamento dell azione del cuore e con un lieve aumento del tono dei vasi senza ricorrere all'ipotesi di una reazione all impoverimento di O nel sangue Cio ripeto vale almeno per alcuni individui, anche nell eta avanzata L'abbassamento della pressione poco dopo le escursioni dipende da stanchezza del cuore e dei vasi

Respirazione

Numero dei respiri Da un grande numero di esperienze su persone di diverse eta e specialmente da quelle di *A* e *I Loewy* e *Zuntz* e di *Mosso* e risultato che la frequenza dei respiri in alta montagna in molte persone cresce in alcune non varia e in altre diminuisce leggermente oltre a cio e stato constatato che l eta non influisce sulla frequenza del respiro ne aumentandola ne diminuendola

A Torino d estate la frequenza della mia respirazione oscilla fra 10 e 13 Al Col d Olen a riposo essa e leggermente aumentata con variazioni giornaliere in media l aumento e di 2—3 respiri Durante il soggiorno al Col d Olen nel primo anno le oscillazioni furono piu sensibili probabilmente in relazione delle forti variazioni della temperatura della pressione barometrica della intensita della luce e in conseguenza della vita ineguale che si era costretti a fare nell Istituto nel secondo anno nel quale il tempo fu bello e costante il lieve aumento della frequenza respiratoria ebbe la tendenza a diminuire ma anche alla fine del soggiorno non scomparve del tutto

Al ritorno dalle escursioni (dopo 5 minuti di riposo) la frequenza risultò aumentata soltanto di 2—3 respiri.

Ventilazione polmonare. Le opinioni degli autori che hanno pubblicato i risultati delle ricerche fatte su numerosi gruppi di persone di età, di costituzione e di abitudini diverse, sono molto discordanti. È probabile che in parte queste discordanze nei risultati dipendano dal modo come respirano i diversi individui durante l'esperimento. È difficile abituarsi a respirare del tutto naturalmente quando più o meno si concentra l'attenzione sui proprii movimenti respiratorii e d'altro canto ogni distrazione voluta può modificare la meccanica del respiro. Perciò s'io non erro riguardo alla ventilazione polmonare bisognerebbe tener conto soltanto dei dati relativamente costanti e delle differenze spiccate. Inoltre bisogna ammettere che esistono notevoli variazioni individuali e giornaliere.

Le più recenti opinioni ribadiscono quelle di *Loewy* e *Zuntz* che la ventilazione polmonare cresce con l'altezza e che con l'acclimatizzazione scema la differenza dai valori del piano. Riguardo all'influenza dell'età non furono fatte apposite ricerche.

Le misure della ventilazione polmonare che ho eseguite nel 1921 collimano con quelle antiche raccolte da *Loewy* e *Zuntz* nel senso che esse significano un aumento della ventilazione polmonale al Col d'Olen anche durante il riposo, ma si allontanano in alcuni importanti particolari: in primo luogo perchè subito dopo l'arrivo al Col d'Olen non si ebbe aumento ma diminuzione della ventilazione; in secondo luogo perchè l'aumento osservato in seguito invece di scemare man mano che progrediva l'acclimatizzazione crebbe gradualmente.

Perciò credo che sul mio organismo la rarefazione dell'aria corrispondente all'altezza di 2900 m non abbia cagionato un subitaneo eccitamento della respirazione, ma che tutti i fattori dell'alta montagna abbiano via via contribuito ad eccitare moderatamente la respirazione. Nel 1922 ho ottenuto risultati alquanto diversi perchè la ventilazione polmonare a Torino risultò maggiore che nel 1921 e al Col d'Olen essa, invece di crescere in proporzione eguale all'anno precedente, diminuì un poco e con oscillazioni giornaliere, si mantenne pressochè allo stesso livello. Nel 1925 a Torino, d'estate, la ventilazione polmonare risultò in media di 6 litri al minuto. Nei primi sei giorni al Col d'Olen diminuì sensibilmente (circa 1 litro) e nei seguenti crebbe avvicinandosi ai valori del piano.

Da queste esperienze risulterebbe che la ventilazione polmonare nell'età avanzata non risente, come nei giovani, l'azione dell'altezza, ciò che probabilmente sta in rapporto con una diminuzione dell'eccitabilità del centro respiratorio.

Dopo le escursioni a breve distanza dall'arrivo (5 min.) ho trovato sempre un notevole aumento della ventilazione tanto maggiore quanto più lunga e faticosa era stata la gita (una volta raggiunse il 40%). L'aumento durava più che mezz'ora e una volta fu trovato anche 6 ore dopo l'escursione.

Quest'aumento è da attribuirsi senza dubbio all'eccitazione del respiro cagionata da sostanze prodotte ed accumulate nel sangue durante il lavoro. L'allenamento ha diminuito l'effetto di quell'eccitamento: dopo le prime escursioni campione l'aumento fu di oltre 1/ , dopo le ultime di circa 1/10.

Dal complesso delle mie osservazioni credo di poter concludere che nell'età avanzata il soggiorno in alta montagna può eccitare la

respirazione o moderarla, a seconda che essa era prima da fattori diversi diminuita od eccessivamente stimolata, che l'aumento della ventilazione polmonare si avvera anche nei vecchi in seguito ad esercizi fisici e con l'allenamento via via tende a scemare.

La capacità vitale diminuisce in tutti gli individui nell'alta montagna. Questo fatto stabilito fin dal 1895 da *Schumburg* e *Zuntz* fu riconfermato dalla massima parte dei ricercatori che seguirono; esso si verifica anche nel più completo riposo. Secondo *A. Lœwy* e *Zuntz* il fenomeno è transitorio. *Mosso* a grandi altezza (4560 m) lo trovò persistente. Secondo *Fuchs* la bassa temperatura avrebbe un'azione notevole nel diminuire la capacità vitale. Secondo *Viale* che sperimentò su due giovani l'uno di 23 e l'altro di 25 anni, la capacità vitale diminuisce ma non in modo costante e la diminuzione scompare con l'acclimatizzazione.

Nelle mie esperienze ho trovato tanto nel 21 che nel 22 et nel 25 una notevole diminuzione della capacità vitale che raggiunse il 20%. Questa diminuzione fu immediata dopo l'arrivo al Col d'Olen ma non ebbe durante tutto il soggiorno che delle variazioni giornaliere poco significanti e non manifestò la tendenza a svanire.

Perciò ritengo che in rapporto con l'età venga a mancare la possibilità di adattamento del torace ad una espansione maggiore della massima trovata al piano. Questo fatto probabilmente sta in rapporto con la diminuzione dell'elasticità della gabbia toracica nell'età avanzata.

È comunemente ammesso che sulla diminuzione della capacità vitale influiscono, oltre che la rarefazione dell'aria e gli altri fattori del clima montano e sopratutto la bassa temperatura, la stanchezza *(Schumburg* e *Zuntz)*. Sulla mia persona non ho potuto confermare questo dato, nel senso che una diminuzione della capacità vitale di qualche entità non fu constatata dopo le escursioni, sebbene il polso manifestasse segni di stanchezza.

Ricambio dei gas

Lo studio del processo di combustione organica in alta montagna a riposo ha dato risultati molto diversi nelle varie persone esaminate a diverse altezze ed anche nelle medesime persone alle stesse altezze in epoche differenti. Nessun argomento della fisiologia dell'alta montagna è stato più tormentato di quello delle combustioni organiche, ma esso è così complicato che non si può portare a suo riguardo delle conclusioni definitive. Certo è che in generale non vi sono, almeno nelle altezze fino a 3000 m, differenze notevoli dal piano. Questo fatto è presso a poco corrispondente a quello che nei loro lavori fondamentali *Loewy* e *Zuntz* avevano trovato più che 20 anni or sono. Un confronto dei processi di combustione organica degli individui giovani e di quelli d'età avanzata non esiste per quanto io so.

Le mie ricerche, fatte nel 1921, hanno dato dei risultati alquanto diversi da quelli del 1922. Nel primo anno il giorno dopo la faticosissima giornata di viaggio per giungere al Col d'Olen, senz'alcuna preparazione di allenamento né di acclimatazione, trovai una notevole diminuzione dei processi di combustione: l'O consumato ridotto da cm^3 298, trovati al piano, a cm^3 199; il CO da 211 cm^3 a 139 cm^3. In seguito si notò un aumento dell'eliminazione di CO e del consumo di O, il quale, con qualche oscillazione, andò gradualmente crescendo

Nell'anno seguente invece, il giorno dopo l'arrivo al Col d'Olen, essendo stato compiuto il viaggio con maggiore comodità, i valori del CO_2 e dell'O_2 variarono di poco da quelli trovati a Torino ed anche in seguito ad onta di lievi oscillazioni, durante tutto il soggiorno al Col d'Olen si ebbero spostamenti poco notevoli i quali consistettero principalmente in aumento del consumo di O_2.

In quest'anno due giorni dopo l'arrivo al Col d'Olen ho trovato un sensibile aumento tanto del CO_2 quanto del O_2 consumato e specialmente di quest'ultimo, però il quoziente respiratorio non scese sotto il limite per me normale. In seguito i valori del CO_2 e del O_2 si mantennero alquanto più alti che a Torino. Dopo le escursioni l'eliminazione di CO_2 e il consumo di O_2 aumentarono. Quest'aumento andò attenuandosi dopo le ultime gite ed il decremento fu maggiore per l'eliminazione del CO_2 che per il consumo di O_2. Il quoziente respiratorio risultò sempre diminuito.

Il consumo energetico ha dimostrato un piccolo aumento dopo le escursioni, aumento che è stato maggiore dopo le prime che dopo le ultime. In altre parole si può dire che il rendimento del lavoro fu leggermente aumentato coll'allenamento.

Sangue

Ad onta dei differenti risultati ottenuti dai singoli osservatori che cercarono di stabilire il numero dei *globuli rossi* del sangue in alta montagna è attualmente riconosciuto che quel numero aumenta. Il grado dell'aumento non è fisso e talora sembra esser molto piccolo, mentre altre volte può raggiungere nel corso del tempo il valore anche del 15,1% (*Laquer* al Col d'Olen).

Le ricerche che ho eseguito su me stesso, negli anni 1921 e nel 1922 confermano la regola trovata per le persone giovani e mature: l'aumento di numero dei globuli fu di 12—14 %.

Il valori più alti si presentarono nei periodi più avanzati del soggiorno al Col d'Olen. Nel 1925 mentre a Torino il numero dei globuli era presso a poco eguale a quello trovato negli anni antecedenti, al Col d'Olen esso non solo non crebbe nei primi giorni, ma diminuì (da 4 800 000 a 4 118 000) e crebbe poi fino a raggiungere, dopo la prima settimana di soggiorno, il valore del piano (4 850 000). Avendo dovuto allontanarmi dal Col d'Olen alla metà della seconda settimana, non potei completare la ricerca per i periodi più avanzati dell'acclimatazione. È da notare la diminuzione all'inizio del soggiorno in alta montagna, che non avevo verificato negli anni antecedenti e che forse in me sta in relazione con l'età, ma non ci si può fondare sulle ricerche di un solo anno per affermare questo rapporto. Ricorderò pertanto che i fratelli *Lœwy* e *L. Zuntz* al Col d'Olen avevano trovato nella prima settimana una diminuzione dei globuli rossi, e che essi nell'epoca di quelle ricerche erano ancora assai giovani.

Il numero dei globuli bianchi non ha subito variazioni notevoli da Torino al Col d'Olen e la formula leucocitaria si mantenne perfettamente normale.

Assimilazione del glucosio

Le esperienze che *Aggazotti* ha eseguito su alcuni soggetti giovani e su di me a Torino ed al Col d'Olen hanno dimostrato che in tutti gli individui sottoposti all'esperimento la tolleranza del glucosio

cresce in alta montagna. In me, all'età di 60 anni, il fenomeno si manifestò ancor più palesemente che negli altri soggetti. Mentre a Torino 150 g di glucosio puro anidro, introdotto alla prima colazione, cagionò glicosuria dalla seconda alla quarta ora dopo l'ingestione, una dose di 200 g di glucosio, ingerita al Col d'Olen, non produsse glicosuria.

Al Col d'Olen il ricambio respiratorio ed il quoziente rimasero pressocchè invariati in seguito all'ingestione di grandi quantità di glucosio; al piano si verificò aumento del CO_2 eliminato, dell'O consumato e del quoziente respiratorio.

Nella presente relazione ho trattato soltanto l'adattamento ad altezze intorno ai 3000 m e l'allenamento ad esercizi alpinistici modesti; non ho toccato le questioni dell'adattamento alle altezze che in molti individui cagionano le speciali alterazioni comprese sotto il nome di male di montagna, nè ho cercato come si comporti un vecchio quando ardisca cimentarsi al grande alpinismo. Il quesito che mi ero proposto era pratico e naturale: è la vecchiaia di per sè controindicazione al soggiorno temporaneo e all'esercizio fisico in alta montagna? deve il medico ammettere o respingere i preziosi fattori di ricostituzione del corpo e dello spirito che offre l'alta montagna per le persone di età avanzata? Credo di poter rispondere che tali vantaggi devono esser concessi anche ai vecchi purchè siano sani. Mi si obbietterà che senectus ipsa est morbus e che vecchio sano è contraddizione in termini. Risponderò che quel detto vale più per l'anatomopatologo che per il medico e per il fisiologo. L'invecchiare è un processo fisiologico purissimo perchè, quando non sia turbato da malattie vere e proprie, ha un andamento perfettamente armonico senza conflitti fra istinti, desiderii e potenzialità. L'uomo sano di corpo e di spirito, quando invecchia, prima si svoglia e poi perde la capacità di determinate funzioni e perciò va ritirandosi serenamente dalla vita senza rimpianti. Così stando le cose mi sembra che la questione che mi ero proposto di studiare deva esser contenuta nei termini seguenti: il vecchio sano se desidera l'alta montagna e l'esercizio di un moderato alpinismo, trarrà danno da queste sue voglie o potrà averne qualche vantaggio? A questa domanda ho cercato di rispondere con esperimenti fatti su me stesso e credo di avere dimostrato che l'involuzione senile non proibisce la cura ricostituente in alta montagna. Mi pare che questo basti al medico, perchè non capiterà mai che un individuo normalmente invecchiato, quando non abbia più le forze per affrontare il clima e la vita dell'alta montagna, desideri quel soggiorno, essendo in tali individui l'istinto il più vigile e sicuro mentore della vita.

Immunität gegenüber dem Höhenklima

Von Dr. med. et phil. *Hermann von Schroetter*, Wien

Mit vier Abbildungen im Texte

—

Was das Thema meines Referates anbelangt, so bin ich vor eine keineswegs leichte Aufgabe gestellt worden. Betrifft dasselbe doch, wenn wir den Begriff *Immunität* auch für das Gebiet klimatischer Einflüsse zunächst ohne Vorbehalt gelten lassen, die Erfassung und Klarstellung nicht einer einfachen Wechselbeziehung, sondern eines vielseitigen Komplexes von Reaktionen, die im Organismus ausgelöst werden, um ihn gegen Schädigungen zu schützen oder deren Wirkungen nach Möglichkeit auszugleichen. Kann die Noxe, je nach dem Charakter der Intensität und Dauer derselben, nicht durch Abwehrmaßnahmen beseitigt oder überwunden werden, so treten *Anpassungsvorgänge* ein, durch deren Valenz wie in der gesamten Pathologie so auch hier die funktionelle Korrelation, die weitere Leistungsfähigkeit des bedrohten Organismus bestimmt und dieserart, klinisch gesprochen, die *Prognose* determiniert wird, die ja immer wieder die wichtigste Frage der praktischen Medizin darstellt.

Wenn wir den Begriff Immunität auch in *bioklimatologischer* Richtung akzeptieren — eine Auffassung, die, wie sich zeigen wird, auch im Hinblick auf das Wesen der Anpassungsvorgänge berechtigt ist —, so müssen wir uns zunächst darüber klar sein, gegen welche *Störung* sich der Organismus zu wehren hat, bezüglich welchen Kausalmomentes die Fragen der Unempfänglichkeit zu erörtern sind. Ich brauche hierzu nicht auf alle Theorien der Höhenkrankheit zurückzukommen, da die von *P. Bert* entwickelten und zusammenfassend vor nahezu fünfzig Jahren dargelegten Anschauungen siegreich das Feld behauptet und sich nicht bloß in ihren allgemeinen Grundsätzen, sondern auch in ihren Einzelheiten und praktischen Konsequenzen als richtig und segensreich erwiesen haben.

Die Bedenken, welche gegen die Gültigkeit der Sauerstofftheorie erhoben wurden, konnten wir selbst bereits im Jahre 1901 auch für große Höhen bezw. Druckdifferenzen einwandfrei widerlegen. Ausgedehnte vielseitige Forschung im Hochgebirge und nicht zuletzt die Erfahrungen der Praxis selbst (Aeronautik, Aviatik) haben den Sauerstoffmangel als den ursächlichen Faktor der mannigfachen

Symptomenbilder erwiesen, und das bestätigt, was schon der Laie an sich selbst als „Luftmangel“ bezw. „Lufthunger“ empfindet. Immer mehr wird anerkannt, daß die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphäre auch bereits unterhalb von 2000 m, dem sozusagen klassischen Niveau von *D. Jourdanet*, in den Ablauf der vitalen Funktionen eingreift und Reaktionserscheinungen bewirkt, deren Kompensation mit einer Hebung der Stoffwechselvorgänge, einem positiven Gewinn für den Organismus einhergehen, oder auch bereits von einer verminderten Leistungsfähigkeit des menschlichen Motors gefolgt sein kann. Anstrengende Muskelarbeit beginnt schon in Höhen über 2000 m die Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel merklich zu steigern, wie wir dies seinerzeit mit Bezug auf die Pathogenese der Bergkrankheit vertreten hatten.

Schienen bis zum Vorjahre alle Einwände gegen die Sauerstofftheorie widerlegt und die Bedeutung rein physikalischer Momente auf das richtige Maß eingeschränkt, so hat neuerdings *C. Jakoby* und zwar auf Grund breiter Experimentaluntersuchungen die Behauptung aufgestellt, daß an den Wirkungen des Höhenklimas auch mechanische Einflüsse beteiligt sind, die im Wege einer Herabsetzung des intrapleuralen Druckes und verminderter Füllung der Pulmonalvenen zu einer Retention von Blut in der Lunge und dieser Art zu einer Verminderung der Vitalkapazität (bei einer Druckabnahme von 20% um zirka 300 cm³) führen. Ich verzichte hier auf eine Widerlegung seiner Anschauungen, da dies schon durch *A. Loewy* geschehen ist.

Sozusagen in letzter Stunde ist zu der Frage nach der uneingeschränkten Gültigkeit der Sauerstofftheorie, der Haltbarkeit unseres Fundamentes, aber noch eine Untersuchung, und zwar aus Frankreich von *R. Bayeux* erschienen, der auf Grund histologischer Untersuchungen der Lungen von Tieren, welche längere Zeit in verdünnter Luft zugebracht hatten, Verbreiterung der Interalveolarsepta mit Reduktion der Alveolarräume festgestellt hat, welche Veränderungen er mit der Verminderung des absoluten Druckes bezw. einer Art Saugwirkung auf die Lungen in Beziehung bringt. Ich bemerke diesbezüglich nur kurz, daß, wenn die Befunde des genannten Autors in der Tat zutreffen, es sich nicht um eine primäre Wirkung auf die Lunge, sondern um Stauungserscheinungen im Gebiete der pulmonalen Zirkulation infolge von Nachlassen der Herzkraft, um mangelhafte Regulierung der dynamischen Blutverteilung zwischen großem und kleinem Kreislauf handelt. — Ich mußte diese beiden Arbeiten wenigstens streifen, da es ja beim Zurechtbestehen mechanisch bewirkter Veränderungen im Höhenklima eine Immunität gegen solche Einflüsse nicht geben konnte, bezw. diese für die aus Sauerstoffmangel resultierenden Schäden berechtigte Begriffsbestimmung a priori eine wesentliche Einschränkung erfahren müßte.

Es versteht sich, daß sich unsere Darlegungen nicht mit den Erscheinungen bei rascher und vorübergehender Luftverdünnung, wie

im Korbe des Ballons, im Aeroplane, somit nicht mit der akuten Anoxyhamie sondern nur mit dem *chronischen Sauerstoffmangel* zu beschaftigen haben, gegen welchen eine Immunitat (Unempfindlichkeit, Toleranz Gewohnung) im Wege von Anpassungsvorgangen erworben bezw eine Akklimatisation erreicht werden kann Ebenso wird die Immunitat stets in Rucksicht auf die Leistungsfahigkeit des tatigen Menschen zu behandeln, dementsprechend graduell abzugrenzen und nicht etwa bloß fur die Bedingungen bei Korperruhe also gewissermaßen einen konstruierten Zustand zu erortern sein Man wird von einer raschen oder langsamen Anpassung, einer vorubergehenden oder dauernden Immunitat und mit Rucksicht auf die Differenzen des Hohenniveaus von einer engern oder breitern Anpassung sprechen konnen Ferner kann die Immunitat gegen das Hohenklima eine angeborene oder erworbene sein, wobei konstitutionelle, individuelle wie auch rassiale Momente interferieren Es empfiehlt sich jedoch von einer scharfern Trennung dieser Begriffe abzusehen, da die hierfur maßgebenden Vorgange in vielfachen Wechselbeziehungen stehen und eine Veranderung des Druckniveaus die Toleranz gegen Sauerstoffmangel verschieben muß

Weiterhin hatten wir uns uber den Begriff *Akklimatisation* zu einigen da dieser nicht von allen Gelehrten in demselben Sinne gebraucht wird

Wir mochten von Akklimatisation dann sprechen wenn der Organismus die Fahigkeit erlangt hat in solchen Hohen nicht nur leben sondern auch anstrengende Arbeitsleistung vollbringen zu konnen in denen nach raschem Uebergange pathologische Symptome oder Beschwerden auftreten welche die Moglichkeit korperlicher Betatigung ausschließen Diese Definition beschrankt sich somit auf die Tatsache der Anpassung sie nimmt nicht Rucksicht auf die Ursachen derselben wie dies anscheinend bei der Begriffsbestimmung seitens anderer Forscher versucht wurde indem sie die Akklimatisation nach der Große jener Abweichungen beurteilen wollten welche die Messung der einzelnen vitalen Funktionen nachweisen laßt Das *Wesen der Akklimatisation* ist vielmehr dadurch ausgedruckt daß der Organismus die Verminderung des Sauerstoffdruckes derart kompensieren kann daß seine Leistungsfahigkeit nicht oder nur in geringem Grade beeintrachtigt ist Man wird von vollkommener oder unvollkommener Akklimatisation reden konnen je nachdem eine der Norm entsprechende oder bloß teilweise Arbeitsfahigkeit in der Hochregion erzielt worden ist

Was das Verhalten des Organismus *nach* erfolgter Anpassung anbelangt, so wird man — ebenso wie bei pathologischen Zustanden anderer Art — von vorneherein nicht erwarten konnen, daß die Einstellung auf die Neuanforderungen stets soweit geht, daß sich die einzelnen Funktionen in derselben Großenordnung bewegen, der Energieverbrauch der gleiche bleibt wie unter normalem Luftdruck Man wird im besondern auch nicht annehmen durfen, daß die Anpassung etwa nur in der Verschiebung einiger Komponenten besteht Der Organismus sucht sich vielmehr den ungunstigen Außenbedingungen durch verschiedene Regulationsvorgange anzupassen, wobei die Abweichungen entweder nur geringfugige sein im wesentlichen

bloß labile Funktionen, wie die Ventilationsgröße, die Zirkulationsgeschwindigkeit, die Blutbildung betreffen können, oder es werden tiefergreifende Unterschiede wie bezüglich der Neutralitätsreaktion, des Säure-Basengleichgewichtes von Blut und Körpersäften, der Verbrennungsprozesse u. a. hervortreten. Nichtsdestoweniger wird man auch im letztgenannten Falle von erfolgter Akklimatisation sprechen können, wenn der Organismus den Mehranforderungen gewachsen bleibt und körperliche Arbeit ohne erhebliche Einbuße und bei relativem Wohlbefinden zu leisten vermag, so daß selbst noch Höhen von 6—7000 m erstiegen werden können. Die Anpassung an diese Region wird allerdings nur sehr langsam (s. S. 362) erworben.

Von Interesse erscheinen namentlich die Vorgänge im Niveau von 2000 m einer-, von 8000 m andererseits, also gewissermaßen im Bereiche der *untern* und *obern* Grenze der Luftverdünnung, die hier näher berührt werden sollen. — Die beistehende Figur 1 gibt ein anschauliches Bild der für den Menschen in Betracht kommenden Anpassungsbreite. Das Original ist Eigentum des „Deutschen Hygiene Museums in Dresden" und wurde mir freundlichst zur Reproduktion überlassen.

Wie bei jeder Störung wird — bildlich gesprochen — zunächst auch hier an die oberste Instanz, das Zentralnervensystem, Meldung erstattet, das auf den örtlichen Reiz des Sauerstoffmangels (*H. Winterstein, R. Gesell, A. Fleisch*) durch seine einzelnen Ressortstellen (Atemzentrum, Vasomotorenzentrum, vegetative Zentren) sofort präventive Maßnahmen einleiten läßt, während bereits von einzelnen besonders betroffenen Stellen der Peripherie wie namentlich seitens des Knochenmarkes (*F. Viault*) Schutzvorkehrungen in Gang gebracht werden.

Wenn diese Vorgänge nun auch zweifellos simultan eingeleitet werden und sich in *steter Wechselbeziehung* entwickeln, so erscheint es im Hinblicke auf die jeweilige individuelle Einstellung, die psychische und somatische Reaktionsbereitschaft, Ruhe oder Arbeit verständlich, daß einzelne Komponenten des Schutzsystemes früher hervortreten, daß sich deren Wirkung rascher entfaltet als andere, so daß sich zunächst noch Störungen verschiedenen Charakters geltend machen, bis im Wege gegenseitiger Abstimmung der Regulationsmittel aus dem noch unvollkommenen provisorischen Schutze unter Abklingen der Disharmonien eine den neuen Umweltsbedingungen entsprechende optimale Anpassung erreicht wird. Abgesehen von den genannten im Organismus selbst gelegenen Momenten kann die Synergie der Regulationsvorgänge durch die Besonderheit der äußern Einflüssen, Wetterlage (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind, Strahlung) beeinflußt bezw. gestört und dieserart die Erreichung der Immunität verzögert werden. Störungen und denen zufolge Beschwerden (Berg- und Höhenkrankheit) werden hierbei umso eher erfolgen und umso eingreifender sein, je höher das in Frage kommende Anpassungsniveau und je kürzer die Zeit ist, die für die Akklimatisation zu Gebote steht. So können auch einzelne Reaktionen (Symptome, Befunde) bereits in einer tiefern Druckstufe in sinnfälliger Weise auftreten, die in einer höheren fehlen, oder es kann deren Intensität mit Rücksicht auf den äußeren Sauerstoffdruck eine verschiedene sein. Immerhin läßt sich aber bei ungestörtem Verlaufe in der Ausbildung der Reparations- und Abwehrvorgänge eine bestimmte Gesetzmäßigkeit feststellen, sodaß mit zunehmender Höhe im besonderen jene Veränderungen stärker zum Ausdrucke kommen, welche bei wachsendem Sauerstoffmangel von den Geweben selbst angeregt werden und die von den schon beim ersten Appell in den Dienst der Anpassung ge-

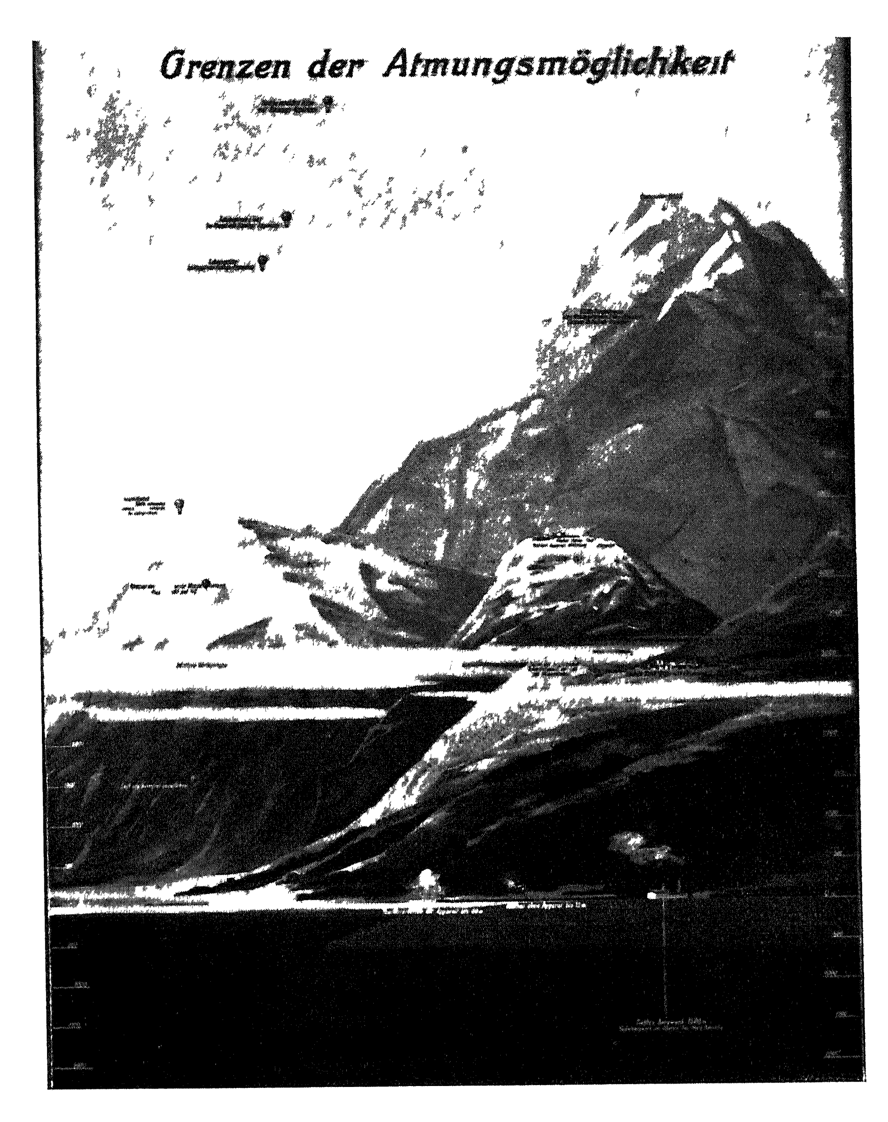


Fig 1

stellten Regulationsmitteln nicht mehr ohne Ueberspannung dieser getragen werden können Biologische Vorgänge größerer Leistungsbreite entlasten solche von besonderer Valenz wie jene der zentralen Steuerung von Respiration und Haemodynamik oder ergänzen jene Funktionen deren Adaptationsvermögen begrenzter ist

Zunächst dreht sich alles um eine entsprechende Förderung des Sauerstoffimportes in den Organismus und in seine bewegliche Vorratskammer transportable storage das Blut sowie um die durch Wasseraufnahme bewirkte Anpassung der Haemodynamik und Herzarbeit an die durch die Hyperglobulie vermehrten (inneren) Reibungswiderstände Weiterhin wird mit abnehmendem Atmosphärendrucke die Frage der Gewinnung von Sauerstoff für die Gewebe durch Abspaltung vom Oxyhaemoglobine immer dringender die zur Herstellung der bezüglichen Wasserstoffionen Konzentration des Blutes notwendige Assistenz differenter Regulationsmechanismen immer bedeutungsvoller bis endlich das lebende Protoplasma der Zellen selbst durch Sparmaßnahmen in den Immunisierungsvorgang eingreift um den Bestand des Organismus und eine maximale Leistungsfähigkeit desselben zu ermöglichen

Es würde hier viel zu weit führen Ihnen diese *Phenomenes de passage*" zu beschreiben, die sich als Folgen von relativem Sauerstoffmangel, wenn auch in verschiedenem, mit steigender Höhe zunehmendem Grade beim Wechsel jeder Höhenstufe wiederholen müssen

Diese Störungen werden nun durch die angedeuteten Regulationsvorgänge beim gesunden bezw nicht schon konstitutionell minderwertigen Menschen selbst bis zu einem hohen Lebensalter hinauf nicht nur voll ausgeglichen es erfolgt sogar gewissermaßen eine Ueberkompensation, indem die durch Sauerstoffmangel bedingten Reize von andern klimatischen Inzitamenten wie im besondern Kälte und Licht bezw Wärmestrahlung mittel- oder unmittelbar unterstützt auf Grund der dem Organismus zur Verfügung stehenden Reserven zu einer Steigerung der vitalen Funktionen mit Vergrößerung der Lungenkapazität, erhöhter Mauserung des Blutes und der Gewebe nachweisbarem Gewinne für den Organismus, Eiweißansatz und solchen Leistungssteigerungen der zellularen Texturen bezw des „echten Protoplasmas" *(O Kestner)* führen, daß im Höhenniveau von 1500 bis 2000 m sogar krankhafte Prozesse kurativ beeinflußt und zur Ausheilung gebracht werden, daß sogar die Ausschaltung einer Lunge bei mäßiger Betätigung ohne Beschwerden vertragen wird, daß es wenn man einen eben gebrauchten Ausdruck zitieren will, sogar „Pneumoflieger" und „Pneumotouristen" gibt

Diese günstigen Wirkungen des alpinen Reizklimas gelten nun auch mit individuellen Varianten für jene chronische Infektionskrankheit von allgemein sozialhygienischer Bedeutung, die *Tuberkulose* deren Behandlung gerade in den so vollendet eingerichteten Höhenstationen Davos und Arosa besondere Pflege findet Gestatten Sie mir daher auch in dieser Richtung einige Worte, da sie wesentliche Punkte unserer klimatischen Immunitätsprozesse berühren

Die durch die klimatischen Reize ausgelösten Reaktionen und die dann im endogenen Wege (also auch „serologisch") erzielbare Umstimmung und Leistungssteigerung des Gesamtorganismus stellt von

einer zweckmäßigen Ernährung unterstützt und mit mäßiger muskularer Betätigung kombiniert, noch immer die erfolgreichste *Therapie* der Tuberkulose dar, die der Wirkung des Importes jedweder Antigene überlegen ist, was gegenüber einer heute vielfach herrschenden Polypragmasie auch auf dem Gebiete dieser Infektionskrankheit nicht genug betont werden kann. Durch die Verwendung von Antigenen, seien sie nun spezifischer oder unspezifischer Natur, können bei der so differenten mutuellen Valenz der für den jeweiligen Immunitätszustand maßgebenden Faktoren im Einzelfalle zwar günstige, aber im voraus niemals mit Sicherheit zu bestimmende Wirkungen erreicht werden. Die Anwendung solcher Stoffe kann demgemäß immer nur eine beschränkte sein, sie wird im wesentlichen bloß Zufallstreffer bringen können, während die im natürlichen Wege unter dem Einfluß äußerer Reize, wie im besondern jenen des Sauerstoffmangels sich entwickelnden biochemischen und funktionellen Abwehrmaßnahmen eine zielsichere Steigerung des Immunitätszustandes und damit der Heilungsprozesse herbeiführen.

Die *Tuberkulose* nimmt zwar, wie ich dies schon an anderer Stelle vermerkt habe, in jedem Individuum nach ein- oder mehrmalig erfolgtem Importe sowohl was die Ueberwindung eines alten als die Abwehr eines neuerlichen Infektes anlangt, stets ihren besonderen, bereits kongenital durch die potentiellen Reserven des Körpers bestimmten Verlauf, der jedoch in gedachter Weise kurativ zu beeinflussen ist. Was die spezifische Therapie hiebei gelegentlich erreichen kann, leistet in bestimmter, fast gesetzmäßiger Weise die einander ergänzende Wirkung und günstige Kombination der meteorologischen Heilfaktoren. Unter dem Einflusse die erwerden Proteinderivate vom Charakter der Antikörper mobilisiert, wobei die in den Kreislauf gelangten endogenen Stoffe umstimmend auf das erkrankte Terrain einwirken, was durch Herdreaktionen manifest werden kann. Im besonderen erscheint es, wie ich schon vor Jahren rücksichtlich der photokatalytisch entstandenen Metaboliten betonte, beachtenswert, daß dieselben auch entfernte Stellen kurativ beeinflussen, daselbst fermentative Prozesse mit Zerstörung der Bazillen anregen und dieser Art die vom gereizten Hautorgane reflektorisch bewirkte Steigerung der vitalen Leistungen des Körpers unterstützen. Die Klimatotherapie wirkt unter Intervention zellularer Abbauprodukte. Vergessen wir immerhin nicht, daß auch das Tuberkulin ein Polypeptid darstellt.

Bei gleichzeitiger Ausnutzung, jedoch vorsichtiger Dosierung der *Besonnung*, durch welche dem Körper lebendige Kraft in Form kalorischer und aktinischer Strahlung zugeführt wird, stellt sich diese Behandlungsart in der Tat als eine energetische dar, die unter Aktivierung der im Organismus vorhandenen Katalysatoren eine Förderung des Stoffwechsels veranlaßt, während die Verwendung von Antigenen Abnutzung des jeweils disponiblen Energievorrates bedeutet. Eine ähnliche Auffassung kommt übrigens auch in letzter Zeit in der Balneologie zum Ausdrucke, indem die Einflüsse der Bäder als eine Reizkörpertherapie betrachtet werden, bei welcher der gesteigerte Stoffwechsel des Hautorganes eine Fernwirkung auf die Funktionen des Gesamtorganismus entfaltet.

Im Hinblicke auf die verschiedene Reaktionsfähigkeit des Körpers, seine individuelle Widerstandskraft, sollen aber auch die so wirksamen Reize des Hochgebirgsklimas *nicht überspannt* werden. Schwächliche Individuen gehören, um es bei dem beschränkten Raume hier nur ganz kurz zu sagen, nicht in die Hochregion, auch nicht an die nördliche roborierende Seeküste mit ihrem ausgeprägten Reizklima, sondern an die sonnen

bestrahlten Gestade des Mittelmeeres im Sinne der Schonungstherapie — Die im gewohnten Klima unter günstigen hygienischen Bedingungen erworbene wetterfeste Abhärtung (*L. von Schroetter*) bildet die beste Gewähr für dauernd erhöhte Widerstandskraft. Hochgebirge einer-, die mediterrane Seeküste andererseits kommen vor allem für die Mobilisierung von Heilungsprozessen in Betracht, die dann unter den gewohnten klimatischen Bedingungen zu festigen sind.

Kehren wir nach diesem Exkurse, der im Hinblick auf die therapeutische Seite der Anpassungsvorgänge wichtig erschien, wieder zu den Lebensbedingungen auf den Hochgebirgen zurück, wobei die Bedeutung der in Betracht kommenden Reaktionen in diesem Aufsatze nur angedeutet, jedoch keineswegs erschöpfend umrissen werden kann.

Drei Gesichtspunkte sind es vor allem, um welche sich die Forschung der letzten Jahre bewegt, die Klarstellung der die *Dissoziationskurve des Oxyhämoglobins* beeinflussenden Momente mit „Determinierung des Hämoglobinsystems" (*G. S. Adair*), die richtige Erfassung und Deutung der sogenannten *Neutralitätsreaktion* des Blutes bezw. die Bedeutung der Wasserstoffionen-Konzentration in ihrem Verhältnisse zur Atemmechanik, Kohlensäuretension und Sauerstoffspannung im Blutplasma sowie den Geweben, endlich im Zusammenhang mit diesen Kardinalfragen der weitere Ausbau des in allgemein biologischer wie auch klinischer Richtung so wichtigen *Akklimatisationsproblems* im engern Sinne, bezüglich dessen das endokrine System sowie die chemischen Veränderungen der Körpersäfte mehr in den Vordergrund treten. Die bekannten Versuche, den Mount Everest zu bezwingen, beleuchten zur Genüge die praktische Bedeutung dieses Forschungsgebietes.

Wie schon bemerkt, treten die einzelnen *Anpassungs*vorgänge nicht gleichzeitig in Erscheinung und sind hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nicht von gleicher Dauer, wobei jedoch eine stete gegenseitige Abstimmung und Wechselwirkung erfolgt, durch welche erst die optimale Immunität erreichbar ist. Die einzelnen Kompensationsmittel und deren jeweilige Intensität werden nach Maßgabe der bei abnehmendem Barometerdrucke an die Sauerstoffversorgung der Gewebe gestellten Anforderungen in Funktion gesetzt, so daß die reparatorischen Vorgänge einander ergänzend und entlastend eine neue energetische Einstellung des Gesamtorganismus herbeiführen. An die bereits einleitend genannten Vorgänge knüpfen enge jene so wichtigen Veränderungen an, die dahin zielen, einerseits die Wasserstoffionen-Konzentration trotz verminderter Kohlensäureretension möglichst konstant zu erhalten[1]), andererseits die infolge verminderter Dissoziationsspannung des Oxyhaemoglobins erschwerte Abgabe von Sauerstoff an das Plasma bezw. die Gewebszellen zu kompensieren. In gleicher Weise zunächst zentral wie die Respiration und Zirkulation wird auch die Steuerung im Zwischenhirne angeregt, um Stoffwechsel, Wärmeökonomie und Wasserhaushalt (Osmose) mit den Einwirkungen auf den Blutumlauf in Beziehung zu bringen, der je nach Bedarf beschleunigt oder durch die Interferenz der anderen Kompensationsmittel wie u. a. der Zunahme der Erythrocyten und des Haemoglobines in normalen Grenzen ge-

---

[1]) Darauf, daß das Blut bei vermehrter Kohlensäureausscheidung (erhöhter Lungenventilation) *alkalisch* werden und dies weitere Folgen haben muß, ist zuerst von *P. Bert* aufmerksam gemacht worden.

halten und das Herz geschont wird — Ob die Haematopoese auf direkte Reizung des Knochenmarkes oder unter Vermittlung der Schilddruse erfolgt wie namentlich *L Asher* meint ist noch nicht ausreichend sichergestellt

Mehr und mehr werden mit steigender Erhebung uber das Meeresniveau und demgemaß erschwertem Sauerstoffimporte außer dem schon auf die Initialreize hin empfindlichen Knochenmarke jene Organe und biologischen Komplexe herangezogen welche gemaß ihrer vaskularen Blutversorgung ihres idiotypischen Stoffwechsels oder ihrer funktionellen Valenz fur die bei beginnendem Sauerstoffmangel der Gewebe entstehenden Reize besonders empfindlich sind um den Kampf um ein moglichst vollwertiges Leben in der Hochregion von 4000—5000 m aufzunehmen Unter steter Erhohung der Wirksamkeit der zunachst einsetzenden Regulationmechanismen — der optimalen gegenseitigen Anpassung von Haemoglobingehalt Polycythamie Blutvolumen der Verteilung desselben auf die beiden Kreislaufe zu einer der normalen moglichst ahnlichen Blutforderung und Herzarbeit — sind die großen Drusen sowie namentlich der mit dem vegetativen Nervensysteme innig gekuppelte endokrine Apparat am Werke um den zellularen Stoffwechsel zu regeln genugende Sauerstoffmengen fur den hohen Arbeitsbedarf der Korpermuskulatur disponibel zu machen und die Leistungsfahigkeit der Parenchymgewebe selbst zu sichern Hiebei kann der Gasaustausch noch annahernd normal verlaufen oder bereits vermindert sein und sich eine qualitative Veranderung durch Sinken des R Q kund geben

Unbeschadet des Zusammenwirkens dieser Anpassungsmittel sind sie aber auch bei voller Entfaltung im Hohenniveau von 5000 m nicht mehr imstande, den Einfluß der verminderten Sauerstoffspannung der Atmosphare zur Ganze auszugleichen Der menschliche Motor arbeitet bei einem Sattigungsdefizit des Blutes von 20 % bereits mit wesentlich herabgesetztem Nutzeffekt Das funktionelle Gleichgewicht des Organismus ist labiler geworden, Zyanose oft schon bei Korperruhe den Leuten „auf die Gesichter geschrieben"

Zielt wie wir den Arbeiten von *J Barcroft J S Haldane J Henderson* u a verdanken, die Steigerung der Wasserstoffionen Konzentration vor allem dahin, eine ausreichende Abspaltung des Sauerstoffes auch bei Verschiebung der Dissoziationskurve nach links — einem fur die Gesamtsattigung des Blutes gunstigen Vorgange — zu gewahrleisten und damit den Diffusionsdruck des Gases zur Versorgung der Gewebe zu erhohen, so werden bei weiterer Abnahme des Barometerdruckes — namentlich unter den Anforderungen von Muskelarbeit oder seitens akzidenteller außerer Faktoren —, die der Sicherung des Sauerstoffimportes dienenden, wie auch die den Gesamtumsatz regelnden Kompensationsmittel, (unter denen man die Bedeutung einer entsprechenden Verteilung und Wanderung der Kationen bezw Basen nicht ubersehen wird) zunehmend insuffizient und bringen dadurch Storungen in die Synergie der Anpassung — Es mussen demgemaß außer der vom nervosen Zentralapparat via endokrines System ausgeubten Bremswirkung auf den Stoffwechsel Sparmaßnahmen seitens der bedurftigen Zellen selbst — wie schon *L Pasteur* vermutet und *P Bert* ausgesprochen hat —, in der Richtung eingeleitet werden daß die fixen Gewebselemente mit großerer Oekonomie, einer erhohten Ausnutzung arbeiten bezw

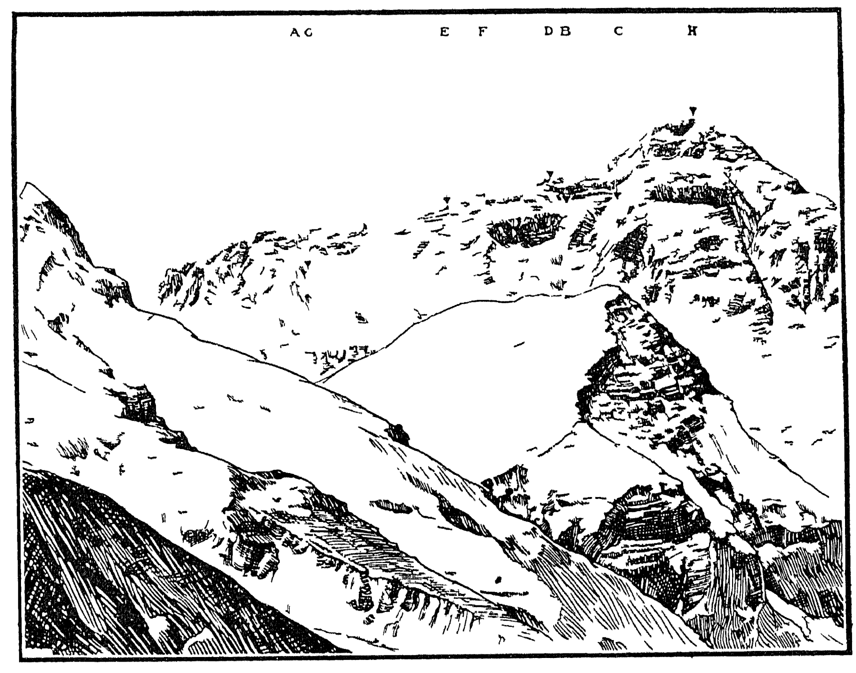
ihren spezifischen Funktionen mit einer geringern Menge von Sauerstoff (bei vermindertem Potentiale) aus dem nur mehr unvollständig gesättigten Kapillarblute zu entsprechen vermögen und *Anaerobie* maßgebende Bedeutung erlangt.

Auf diese Atmung, die bezüglichen katalytischen Vorgänge — an denen möglicherweise besondere Fermente wie das „Pnein" von *F. Batelli* und *L. Stern* beteiligt sind — werden sich offenbar jene Texturen leichter einstellen können, die, wie im besondern die Muskeln, schon unter normalem Drucke anaerob zu arbeiten imstande sind. Aber auch die auf eine rege Energiezufuhr angewiesenen Organe werden ihre Umsetzungsprozesse derart gestalten müssen, daß Reservesubstanzen oder fermentativ aus dem Protoplasma gebildete Stoffe zur Respiration herangezogen werden. Jedenfalls erfolgt die Verwendung des der äußern Atmosphäre entstammenden, den Geweben disponibel gemachten Sauerstoffes derart, daß in erster Linie die besonders bedürftigen durch eine schwache, intratexturelle Sauerstoffspannung charakterisierten Organe, Hirn, Rückenmark sowie Herz, Niere, Leber versorgt, also die zentrale Steuerung und die Kardinalfunktionen erhalten bleiben, während die Bewegungsmuskulatur hinsichtlich Belieferung mit freiem Sauerstoff zurücktreten muß.

Reichen die gesamten Hilfsmittel nicht mehr aus, um den Mindestansprüchen der Zellen bei Hypoxybiose zu genügen, dann treten abnorme Umsetzungen innerhalb ihrer kolloidalen Struktur mit Zerstörung dieser ein, die sich nicht bloß im chemischen Wege wie durch erhöhte Ammoniakausscheidung im Harn, erschließen, sondern wie die Hydrolyse bezw. trübe Schwellung, die fettige Degeneration der Muskelfasern der Drüsenparenchyme (Leber, Niere) auch anatomisch nachweisen lassen. In Rücksicht auf bekannte Untersuchungen von *W. Weichardt* bei Ermüdung, von *C. Richet jun.* beim Hitzschlag wird man bei diesen Prozessen an die Möglichkeit der Bildung von echten Antikörpern gegen die durch Muskelarbeit unter ungünstiger Sauerstoffversorgung sowie bei abnormer Thermik gebildeten Giftstoffe denken dürfen, die anscheinend für das Herz und die Niere besonders nachteilig sind. Man versteht, daß jene Zellen und Organe deren Funktion eine stetige ist, die einen hohen Verbrauch aufweisen schließlich doch trotz relativ günstiger Blutversorgung und bevorzugter Belieferung mit Sauerstoff versagen werden, wenn diese dauernd insuffizient wird. Dies trifft, wie schon angedeutet, vor allem für das Zentralnervensystem und namentlich das Herz zu, das durch chronischen Sauerstoffmangel am stärksten leidet.

Die Alpinisten *Malory* und *Irvine* sind bei der letzten Himalaya-expedition an schließlichem Zusammenbruch des Atemzentrums, der vegetativen Steuerung und an jener Herzinsuffizienz zugrunde gegangen, die in der fettigen Degeneration der Muskelfasern ihren sinnfälligen Ausdruck findet. — Andererseits lassen gerade die Bestrebungen zur Ersteigung des Mount Everest (Fig. 2) erkennen wie der Organismus, gleich einem edlen Rennpferd vor dem Ziele, gewis

sermaßen sein Letztes hergibt, um unter dem Zwange kortikaler Erregung bezw des „Umwelts- auf das Lebensnervensystem“ *(F Glaser H Zondek* u a*)* die dynamischen Moglichkeiten des Korpers durch psychischen, im endokrinen Wege vermittelten Druck auf die Zellmetabolie zu steigern so daß schließlich der Wille zum Siege das letzte Anpassungsmittel wird —Von diesem Gesichtspunkte erscheinen auch jene Gedanken besonders beachtenswert, die *A Bier* uber



MOUNT EVEREST FROM THE BASE CAMP

Fig 2

Die Buchstaben bedeuten die von den einzelnen Mitgliedern der Expedition erreichten Hohenquoten am Nordl amme

„Hochstleistungen durch seelische Einflusse und durch Daseinsnotwendigkeiten“ entwickelt hat, wie ich dies kurzlich an anderer Stelle betonte Ebenso ware hier an die Befunde von *N W Mac Keith* uber den sogenannten „second wind“ bei korperlichen Extremleistungen zu erinnern Auch wird man der bewußten Einschrankung aller Lebensfunktionen seitens der Fakire *(C v Shipley R Schmidt* u a*)* endlich der winterschlafenden Tiere gedenken, wenn diese Fahigkeiten auch vornehmlich fur Korperruhe in Frage kommen

Betrachten wir bei der Bedeutung des Problems das *Zusammen wirken* aller *regulierenden Faktoren* von einem mehr einheitlichen Gesichtspunkte, so erscheinen auch an der Akklimatisation im we sentlichen Veranderungen *serologischer* Natur beteiligt, indem infolge verminderter Sauerstoffzufuhr gebildete Intermediarprodukte — die ich als Isoreagine oder Isotoxine bezeichnen mochte — die Anpas sungsvorgange vermitteln Hierbei kann in einem hohern Druck niveau sogar eine Ueberkompensation mit Gewinn fur den Korper er folgen, wahrend in einem tiefern, bei ungenugender Reaktionsfahig keit und mangelhafter Korrelation der angeregten Anpassungsprozesse Storungen verursacht werden, welche die Akklimatisation verzogern oder nicht zustandekommen lassen Wie beim Importe korperfremder Proteine bezw von Giften uberhaupt, wirken auch die bei Sauerstoff mangel auftretenden idiogenen Stoffe als schwacher Reiz fordernd als starker — wenn in erhohtem Maße, sei es lokal oder allgemein gebildet — lahmend auf den Komplex der vitalen Funktionen ein

Wahrend wir uber die chemische Struktur der auf die Wirkung bak terieller Antigene entstehenden Antikorper noch wenig unterrichtet sind konnen die bei Sauerstoffmangel gebildeten Abwehrstoffe wenigstens einigermaßen definiert werden indem sich nicht nur deren Saurecharakter sondern auch bestimmte Verbindungen dieser Art wie die Milchsaure Aminosauren nachweisen lassen deren Anwesenheit in einer Steigerung des sogenannten Reststickstoffes ahnlich wie bei typischer Serumana phylaxie und einer Verschiebung des Lipoidspiegels zum Ausdrucke kommt Daß dabei aber auch noch komplizierter gebaute Eiweißfragmente beteiligt sind die wir nur im biologischen Wege zu erschließen vermogen durfte kaum zu bezweifeln sein Ich erinnere in dieser Hinsicht an die Haemo poetine von *P Carnot* und *C Deflandre* proteinogene Reizstoffe welche offenbar auch an der zuerst von *B Morawitz* sichergestellten Sauerstoff zehrung des Blutes im Hohenniveau beteiligt sind Die von *Ch Richet* jun bei Hyperthermie auftretenden Zerfallsprodukte welche sich ebenso wie die vorgenannten Reagine mit positivem Erfolge ubertragen lassen sprechen dafur daß auch auf primar physikalische Einwirkungen hin Substanzen gebildet werden welche die Serumstruktur andern und Ab wehrmaßnahmen vom Charakter der Immunitatsvorgange auslosen Das von *G Mansfeld* angenommene Kuhl bezw Heizhormon bringt bezugliche Prozesse mit bestimmten Texturen in diesem Falle der Nebenniere in Zu sammenhang u a

Untersuchungen uber das Verhalten typischer Immunitats-Reaktionen (wie u a Typhus Vakzin) im Hohenniveau uber 4000 m fehlen noch die uns vielleicht einen weiteren Einblick in die Energetik der zellularen Ab wehrvorgange sowie die chemische Serumstruktur bei Sauerstoffmangel ermoglichen konnten Ich beabsichtige entsprechende Studien an Ver suchstieren auszufuhren — Daß Infektionskrankheiten wie die Variola auch in der Hochregion uber 4500 m vorkommen sei hier nicht un vermerkt

Die Immunitat gegen das Hohenklima ist ihrem Wesen nach als eine *aktive* zu bezeichnen Mit Rucksicht auf die gemachten Hinweise erscheint immerhin auch die Moglichkeit einer wenn auch begrenzten passiver Immunitat denkbar wie sie durch Uebertragbarkeit der sogenannten Er mudungsstoffe (W *Weichardt E Seremi* u a) nahegelegt wird Weitere Versuche in gedachter Richtung erschienen empfehlenswert wobei auch auf das Verhalten des Liquor cerebrospinalis zu achten ware — Daß bei der chemischen Warmeregulation Veranderungen des Serums intervenieren der Hitzschlag zum Teile als Autointoxikation aufgefaßt werden kann

(wie u a *W H Willcox*) habe ich bereits an anderer Stelle ausgeführt Auch für die Störungen bei Sauerstoffmangel namentlich die Symptome welche bei gleichzeitiger Muskelarbeit in Erscheinung treten (Bergkrankheit) wird man diesen Begriff als ursächlich begründet anwenden dürfen Bei rascher Dekompression (wie bei passiver Beförderung) handelt es sich dagegen um die unmittelbaren Effekte des Sauerstoffmangels welcher mehr oder weniger rasch zur Lähmung führt

Schien noch vor 20 Jahren das Anpassungsproblem vornehmlich in Veränderungen der sozusagen greifbaren Funktionen zu liegen, so konnten wir vielmehr heute Beziehungen aufzeigen, wie sie für die Immunitätsvorgänge im engern Sinne maßgebend sind Es erscheint in der Tat berechtigt, auch rücksichtlich Kompensation des Hohenklimas von einer *humoralen* und *zellularen Anpassung* oder, um bei der bescheidenen Diktion der Alten zu bleiben, von einer tatsächlichen Umstimmung des Gesamtorganismus zu sprechen Diese wird um so wirksamer, der Körper gegen die Anforderungen der Hochregion um so widerstandsfähiger sein, je harmonischer die Synergie der Regulationsmittel verläuft

Auch die *Anpassung* an die *verminderte Sauerstoffspannung* der Hochregion geht mit gleichartigen Reaktionen, der Bildung gleichwertiger Stoffe einher und läßt dieselben Gesetzmäßigkeiten erkennen, wie andere Schutz bezw Immunitätsvorgänge Darf ja doch der Begriff Krankheit überhaupt als ein Zustand gefährdeter Oxydationsprozesse des Protoplasmas aufgefaßt werden Im besondern können wir mit Rücksicht auf zunehmende Luftverdünnung zwei *Phasen* unterscheiden, erstens die Leistungssteigerung sämtlicher mobilisierbarer Komponenten durch den Reiz saurer Intermediärprodukte, zweitens die progressive Inanspruchnahme anaerober Oxydationsprozesse als Auxiliarkräfte und die Umstellung des zellularen Energiewechsels auf maximalen Nutzeffekt

Nur in einer Richtung weichen vielleicht die da und dort entwickelten Vorgänge stärker von einander ab indem nämlich die Nachwirkung bezw die *Dauer* der *Immunität* nach dem Aufenthalte in der Hochregion rascher schwindet als im allgemeinen der Schutz nach typischen Abwehrprozessen Die Anpassung an die Hochregion muß — heißt es zumeist — immer wieder neu erworben werden Tritt man aber der Frage näher so verdient zunächst die mehrfach — u a auch für das Hochplateau von Mexiko — kürzlich wieder hervorgehobene Tatsache Beachtung daß man sich nach einem früheren Aufenthalte in der Hochregion viel schneller und unter geringeren Erscheinungen wieder an dieselbe akklimatisiert als das erstemal daß dieses Verhalten sogar für die Aufeinanderfolge der relativ kurzen Expositionen des Flugpiloten (selbst für Versuche in der pneumatischen Kammer) gilt und daß und zwar gerade physisch minderwertige Menschen wie schon früher bemerkt einen *dauernden* Gewinn rücksichtlich ihres Ernährungszustandes und ihrer Leistungsfähigkeit davontragen Ergibt sich doch hieraus, daß durch das Höhenklima nicht etwa bloß eine Korrektur von Schäden erfolgt, durch deren Beseitigung der Organismus wieder funktionstüchtig wird sondern — da das genannte Verhalten nicht nur auf seelische Erinnerungsbilder oder leichtere Bahnung psychomotorischer Vorgänge durch das seinerzeitige Muskeltraining bezogen werden kann — daß durch die unmittelbaren Wirkungen des Sauerstoffmangels beim Zustandekommen der erstmaligen Immunität doch auch Veränderungen der zellularen Struktur ver

anlaßt oder Stoffe von langer dauerndem Bestande erzeugt und verankert worden sein durften durch deren Intervention die Erscheinungen von Bergkrankheit im weitesten Sinne zwar nicht verhindert aber abgeschwacht und verkurzt werden konnen Es bestehen also auch in dieser Beziehung immerhin beachtenswerte Analogien mit Schutzvorgangen bei Infektionskrankheiten wobei an eine Beteiligung (Bindung) an das retikulo endotheliale System gedacht werden konnte

Werfen wir einen Blick auf die Ergebnisse der *praktischen Erfahrungen* so wußten wir nach den Expeditionen des Ehepaars *Bullock Workman* sowie jener des Herzogs *Luigi di Abruzzi* (mitgeteilt von *F di Filippi* 1912), daß man bis gegen 7500 m vordringen und dabei Temperaturen von —25 ° trotzen kann, wenn der Aufstieg in Etappen erfolgt Zweifelhaft war jedoch, ob durch progressive Akklimatisation und entsprechendes Training in der Hochregion eine noch ausreichende Immunitat erzielt werden konnte um unter Heranziehung kunstlicher Sauerstoffrespiration die Hohe von 8000 m zu uberschreiten Man wird die Worte von *G Bruce* dem Leiter beider Mount-Everest Expeditionen zu wurdigen wissen, wenn er sagt „Wer hatte gedacht, daß man eine Hohe von 28,000 engl Fuß ohne Sauerstoff erreichen, daß man drei Aufstiege zwischen 25,000 und 27,000 innerhalb einer Woche ausfuhren und durch eingeborene Trager Lasten von 15 bis 20 Pfund in dieses Hohenniveau, wenn auch unter Erschopfung befordern kann "

Deutlicher noch als die Aufzahlung einzelner Symptome und Storungen die von *R W G Hingston* mitgeteilt worden sind, kommt das fortwahrende „Pendeln um das physiologische Gleichgewicht' — wie ich den Zustand in solchen Hohen einmal bezeichnet habe — in den Mitteilungen jener Teilnehmer, so namentlich von *C F Norton* zum Ausdrucke, welche den Kampf in der hochsten Region aufnahmen, wonach die Atembeschwerden, die Erschopfung beim Vordringen nach oben eine derartige war daß unter Anspannung voller Willenskraft stets nur 20 bis 30 Yard, also zirka 20 m zuruckgelegt und dann eine Pause von 1—2 Minuten eingeschaltet werden mußte bis sich die keuchende Respiration bei auf die Knie gestutztem Oberkorper wieder beruhigt hatte — Bemerkenswert erscheint, daß, wahrend die Atmung bei Korperruhe im Tieflande 64 Sekunden unterbrochen werden konnte, dies am Nordkamm des Mount Everest nur durch 14 Sekunden moglich war

Die maximale Vertikaldifferenz, die pro Arbeitsstunde uberwunden werden konnte, betrug 33 m Berucksichtigt man diesen Wert und vergleicht ihn mit jenem bei maximaler Steigarbeit in der Hohenzone bis zu 3000 m, so laßt sich die Verminderung der *Leistungsfahigkeit* des menschlichen Motors oberhalb 8000 m auch einigermaßen *quantitativ* erfassen Eine Schatzung in dieser Richtung ist mir u a auf Grund einer personlichen Erfahrung moglich, wonach ich seinerzeit den Dachstein rund 3000 m hoch, von Hallstatt aus, Seehohe 500 m in bloß funf Stunden bestieg, so daß pro Stunde durchschnittlich 500 m, also der funfzehnfache Hohenunterschied, entfallen Es laßt

sich demnach sagen, daß die *absolute* Leistungsfähigkeit der Teilnehmer an der Himalayaexpedition trotz allmählicher Anpassung und besondern Trainings auf 7 % reduziert war.

Berücksichtigt man weiter die Differenz der atmosphärischen Sauerstoffspannung von rund 21 % im Meeresniveau, gegen 7 % auf den Kammhöhen des zentralen Himalaya sowie die Tatsache, daß der Organismus des Säugetieres bei einer Tension von 5 % erliegt, die disponible Breite also nur 16 % Sauerstoff beträgt, so läßt sich die Größe der Anpassungsfähigkeit derart definieren, daß die Grenze der Immunität gegen Sauerstoffmangel im Ausmaße von 88 % der überhaupt möglichen nach oben verschoben wurde, wodurch die *relative* Leistungsfähigkeit mit etwa 14 % statt 7 % zu bewerten wäre, da sie mit weniger als dem halben Sauerstoffdrucke erzielt wurde.

Zweifellos wäre dieselbe wesentlich zu steigern gewesen, wenn die Sauerstoffrespiration in der letzten Etappe methodisch d. h. derart zur Anwendung gekommen wäre, daß man sie nicht bloß vorübergehend benutzt, sondern während des letzten Angriffs kontinuierlich verwendet hätte. — Daß unter den in Betracht kommenden Umständen das Gas erwärmt und namentlich feucht den Luftwegen zuströmen soll, habe ich schon an früherer Stelle nachdrücklich hervorgehoben.

Von besonderm, auch praktischem Interesse erscheint die *Anpassungszeit*, welche die Periode der abklingenden Störungen bis zur Herstellung voller leistungsfähiger Akklimatisation umfaßt. Wenn nun auch die ersten Uebergangserscheinungen bezw. Beschwerden durch Hyperkompensationsvorgänge seitens der leicht mobilisierbaren Funktionen zumeist schon in einigen Tagen überwunden werden (die Hyperglobulie meist schon am zweiten Tage deutlich ist) und dieserart eine *partielle Anpassung* erfolgt, so dauert es wesentlich länger, bis unter Heranziehung aller Regulationsmittel und der zellularen Kräfte des Gesamtorganismus die entsprechende *Leistungsfähigkeit* wieder hergestellt ist.

Soweit sich dies nun auf Grund der Erfahrung sowie bezüglicher Befunde beurteilen läßt, wird man für diese Zeit im allgemeinen 14 Tage annehmen können, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Anpassung an ein absolut tieferes Druckniveau eingreifendere Regulationen und zur vollen Abstimmung dieser eine längere Periode erfordern wird als beim Wechsel geringerer Druckstufen. Dieser *Zeitraum* entspricht nun auch jenem der auf dem Gebiete der Immunitätsvorgänge im engern Sinne durchschnittlich zur Ausbildung zellulärer Abwehrprozesse bezw. bis zum Nachweise entsprechender Antikörper benötigt wird, nachdem zuerst eine Phase von Ueberempfindlichkeit mit thermischen und andern Reaktionserscheinungen vorausgegangen ist. Wenn sich nun auch die da und dort in Betracht kommenden Vorgänge nicht völlig decken, so erscheint es mit Rücksicht auf das Wesen der Akklimatisation immerhin auffallend, daß

sich die Umstellung der „chemischen Serumstruktur“, in beiden Fallen gleichartig und annahernd in gleichen Zeiten vollzieht

Einen nicht uninteressanten Behelf zur *Ermittlung* der *Anpassungs geschwindigkeit* namentlich an große Hohen gibt die letzte Mount Everest Expedition an die Hand zu welchem Zwecke ich die fur die europaischen Teilnehmer an der Expedition maßgebende Akklimatisationsperiode nach den Daten des offiziellen Berichtes mit Bezug auf Zeit und Hohe graphisch dargestellt habe — vergl Fig 3 — ohne dabei auf die fur die einzelnen sechs Mitglieder im oberen Abschnitte des Nordkammes in Betracht kom menden Hohendifferenzen besonders eingehen zu konnen Da die Dauer des Aufenthaltes im Niveau von Darjeeling 2180 m der in dieser Rich tung ebenfalls Bedeutung beansprucht nicht angegeben ist wurde als erster Tag fur die Anpassung an die Hochregion das Datum der Passie rung des tibetanischen Grenzortes Phari angenommen Wie man sicht ergibt sich bei zusammenfassender Betrachtung des stufenformig mit Hilfe von sieben Lagerplatzen erkampften Aufstieges eine annahernd gleich maßige Erhebung unter einem Winkel von 35° so daß wahrend der mehr als zweimonatlichen Angriffszeit durchschnittlich *100 m Hohendifferenz pro Tag* entfallen wobei jedoch zu berucksichtigen ist daß der Luftdruck mit steigender Erhebung rascher abnimmt als diese und oberhalb des Rongbukgletschers im Gebiete der Hochlagerplatze von den einzelnen Teil nehmern Aufstiege mit wesentlich hoherer Geschwindigkeit und unter dem entsprechend rascherer Dekompression ausgefuhrt wurden

Fassen wir das hier nur in Kurze *Vorgetragene zusammen* um im besondern jene Fragen zu beantworten, die dem gegebenen Thema zugrunde liegen, so laßt sich etwa das Folgende sagen

Der Mensch ist, wie dies fur alle Lebewesen schon von *Cl Ber nard* ausgesprochen, und von *P Bert* klar formuliert wurde, dem Sauerstoffdrucke seiner Umwelt im Laufe von Generationen ange paßt, *Spencer Wells* hat diese Akklimatisation auch in kultureller und sozialethischer Richtung betont — Jede Veranderung der Ten sion oder des Milieus muß demgemaß auch Reaktionen auslosen

Die *Immunitat* gegen *Sauerstoffmangel* ist aber auch unter vollem barometrischen Drucke keine absolute, sondern eine bedingte, insoferne namlich als bei Leistungssteigerung im besondern bei an strengender Muskelarbeit progressiver Sauerstoffmangel auftritt, der die Funktionstatigkeit der aktiven Gewebe begrenzt

Diese bloß *konditionelle* Immunitat selbst bei maximalem Baro meterstande hat, wenn wir diesen Begriff beibehalten, aber offenbar tiefere Bedeutung, da sie die Triebfeder zu reparativen und formativen Prozessen des Protoplasmas uberhaupt darstellt, indem die bei allge meinem oder ortlichem Sauerstoffmangel auftretenden Zersetzungs produkte ahnlich den durch Zellschadigung (Nekrobiose) entstandenen Stoffen als Reize wirken und dieserart Assimilation, Neubildung und funktionelle Hypertrophie veranlassen — Von der individuellen Re aktionsfahigkeit und den in den Geweben verfugbaren Reserven sowie von der Konzentration (Menge), zellularen Provenienz und der be besonderen chemischen Beschaffenheit dieser anscheinend den Amino korpern nahestehenden Stoffen werden die jeweiligen nutritiven Wir-kungen abhangen Die Klimatotherapie in Hohenlagen beruht — sofern sich nicht auch der Einfluß der andern meteorologischen Fak-

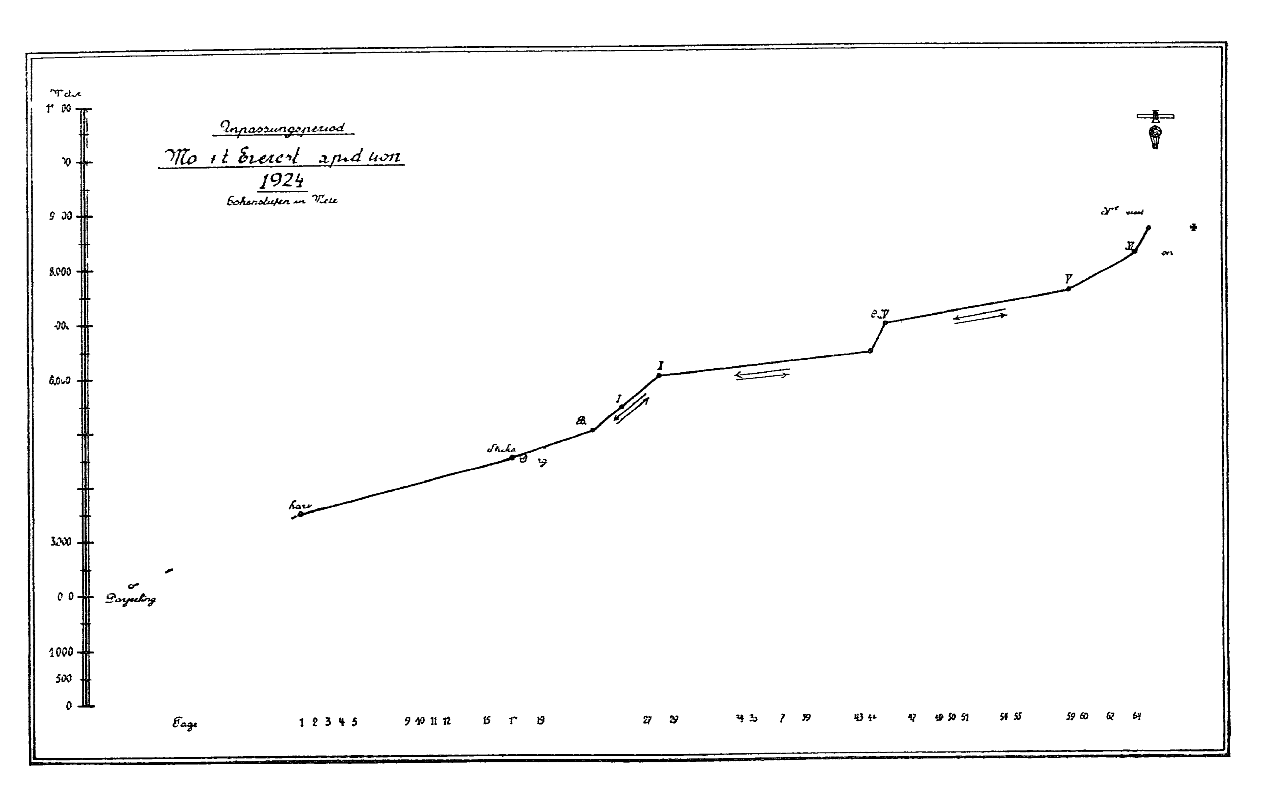

1924
Tage
1 2 3 4 5
9 10 11 12
15
19
27
43
47
50 51
54 55
59 60
62
64
8.000
6.000
3.000
1000
500
0

Fig 3

toren, wie Kälte, Strahlung nachdrücklich geltend macht — im wesentlichen auf diesen Vorgängen.

Die Berechtigung einer solchen Auffassung ergibt sich nicht bloß aus den Studien über Wundheilung bei Tier und Pflanze. Die Neubildung roter Blutkörperchen unter dem Einflusse körperlicher Betätigung (Sport) auch in gewohntem Druckniveau wie namentlich bei gleichzeitiger Bestrahlung, die Hyperglobulia vera nach akutem bezw. experimentellem Pneumothorax, die Arbeitshypertrophie der Muskulatur weist auf diesen Zusammenhang und ist hier gerade im Hinblicke auf die zum Teile anaerobe Atmung der kontraktilen Elemente verständlich. Auch das Heranwachsen des Embryos scheint sich unter dem Einflusse relativen Sauerstoffmangels zu vollziehen.

Nur nebenbei sei hier bemerkt, daß auch der therapeutische Einfluß des künstlichen Pneumothorax mit den durch chronischen Sauerstoffmangel bewirkten Vorgängen zusammenhängen dürfte. Die im Wege der labilen Sauerstoffversorgung entstehenden formativen Reize kompensieren gleichsam jene Schädigungen, die durch die dissimilatorische und antihämopoetine Wirkung des Tuberkulines veranlaßt werden.

Maximale Immunität kann nur durch künstliche Sauerstoffzufuhr bezw. durch Steigerung des absoluten Luftdrucks erreicht werden, wobei der — früher nicht entsprechend gewürdigte — Effekt des physikalisch im Blutplasma gelösten Sauerstoffes, die „action de presence“, wie sie *P. Bert* bezeichnet hat, zur Geltung kommt.

Wenn nun auch anzunehmen ist, daß der Sauerstoff nur nach vorausgegangener adsorptiver Bindung oder Verankerung wirkt, die Oxydationen also kataphoretisch oder katalytisch vor sich gehen, so stellt der im Blute gelöste Sauerstoff ein sich stetig wieder füllendes Reservoir dar, aus welchem Menge und Diffusionsdruck des Gases ergänzt werden können. Die Zellen befinden sich demgemäß unter optimalen Bedingungen, die einen sedativen Einfluß ausüben und bei funktioneller Inanspruchnahme eine Schonung protoplasmatischer Kräfte bedeuten müssen. Der spezifische Energiebedarf der Zelle ist voll gedeckt, sie befindet sich daher in größter Leistungsbereitschaft. — Daß sich im besondern die mit einer idiotypen Rhythmik begabten Ganglienzellen der nervösen Zentralorgane bei erhöhter Sauerstoffspannung der Atmosphäre in einem Zustande verminderter Erregung befinden, darauf weist u. a. der von *A. E. Foley* 1863 festgestellte Befund, wonach die Pulsfrequenz in komprimierter Luft abnimmt. Ermüdung tritt wesentlich später und schwächer ein, wenn unter Sauerstoffrespiration gearbeitet wird.

Die Wirkung erhöhter Sauerstoffzufuhr wird bei jeder Druckverminderung erfolgen und nach dem Grad derselben zum Ausdruck kommen müssen, wenn nicht durch Anpassungsvorgänge die funktionellen Mängel korrigiert und die Reizschwellen im Sinne normaler Erregbarkeit verschoben würden. — Von einer „physiologischen Inaktivität“ des Sauerstoffes bei vollem Barometerdruck kann sonach nicht gesprochen werden.

Wir können hieran — vorgreifend — den weitern Satz knüpfen, daß sich die Wirkung künstlicher Sauerstoffzufuhr um so weniger geltend machen wird, daß das psychische und somatische Verhalten während derselben die bezügliche Leistungsfähigkeit um so weniger

von der Norm abweichen werden, je gunstiger die individuelle Sauerstoffversorgung des Korpers bezw seiner einzelnen aviden Texturen ist, je mehr sich die Anpassungsvorgange entwickelt, je vollkommener sich die Akklimatisation gestaltet haben, wie dies selbst noch in der Hochregion des Himalaya beobachtet werden konnte Die relative Indifferenz gegen kunstliche Sauerstoffinhalation kann gewissermaßen als ein Maßstab der erlangten Immunitat gelten — Dieser sedative Einfluß ist nunmehr auch fur das Hohenniveau von 1500 m von *A Loewy* auf Grund mehrfacher Versuchsreihen besonders nachgewiesen worden, die das Bestehen relativen Sauerstoffmangels in diesem Niveau erkennen lassen Hierbei ergab sich denn auch daß die Wirkung der Sauerstoffrespiration um so weniger zum Ausdruck kommt, je mehr die Anpassung vorgeschritten ist, und demgemaß bei Eingeborenen nur unwesentliche Abweichungen zu beobachten sind

Das Hohenklima ist in biologischer Richtung vor allem durch die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphare determiniert, eine Auffassung, die in ihrer vollen Tragweite zuerst von *P Bert* (geb 17 Oktober 1833, gest 16 Nov 1886) erkannt und in ihren wesentlichen Schlußfolgerungen einwandfrei bewiesen wurde

Die nach raschem Aufstieg in Regionen von niederm Druck und kurzem Verweilen daselbst auftretenden Symptome von Hohenkrankheit konnen als *direkte* Folgen der Insuffizienz der primar mobilisierbaren Anpassungsmittel, die Erscheinungen und Beschwerden nach relativ langsam, im besondern aktiv vollzogenem Hohenwechsel als *indirekte* bezw sekundare Wirkungen des Sauerstoffmangels und ihrem Wesen nach als akute und bei langerer Dauer chronische Toxikose *(A Gautier H Guillemard* und *G Regnier* u a*)* aufgefaßt werden, die der Organismus ohne (kunstliche) Energiezufuhr nicht mehr auszugleichen vermag

Der gesunde Eingeborene ist der atmospharischen Sauerstoffspannung unter welcher er als Glied seiner Aszendenz lebt — ebenso wie das Tier — selbst fur schwere korperliche Arbeit angepaßt Fur maximale Anspruche ist aber auch die Leistungsfahigkeit des menschlichen Motors im Meeresniveau eine begrenzte schon die Forderung der hierzu notwendigen Sauerstoffmengen von 1,5 bis 2,0 l pro Minute (wie beim Schwimmer, beim Skilaufer, beim Boxer) findet namentlich bei fehlendem Training ihre Grenze durch die Erschopfung der Atemmuskulatur und der Herzarbeit Unter solchen Anforderungen ist auch der Tieflander, wie schon bemerkt, nicht immun gegen Sauerstoffmangel — Durch kunstliche Zufuhr von Sauerstoff kann die Leistungsfahigkeit, der mechanische Nutzeffekt gesteigert werden indem Atemarbeit gespart und die Fortschaffung sowie Verbrennung der Stoffwechselprodukte erleichtert wird

Verlaßt der Mensch das ihm gewohnte Druckniveau, in welchem er geboren und aufgewachsen ist, um sich einem solchen von verminderter Sauerstoffspannung auszusetzen so treten abhangig von der

Große der Druckdifferenz bezw der Seehohe und je nach der Geschwindigkeit des Druckwechsels der dabei geleisteten korperlichen Arbeit, sowie den Einflussen der ubrigen klimatischen Faktoren, funktionelle Veranderungen Storungen mit herabgesetzter Leistungsfahigkeit oder endlich schwere Schadigungen auf, denen der Organismus akut oder chronisch erliegen kann

Bei *allmahlichem* Uebergang in Hohenlagen mit verminderter Sauerstoffspannung und protrahiertem Aufenthalt unter abnehmenden Druckstufen erfolgt jedoch eine Anpassung verschiedener Valenz an die geanderte Umwelt derart, daß Storungen auch bei erhohter Inanspruchnahme zurucktreten, Beschwerden gemildert werden oder ganzlich schwinden und unter simultaner Beteiligung samtlicher biologischer Komplexe eine funktionelle Neueinstellung des Organismus herbeigefuhrt wird Es gibt also eine *Immunitat* gegen die *Wirkungen* des *Hohenklimas* bezw gegen dessen wesentlichen Faktor die Verminderung des Sauerstoffdruckes

Diese, und zwar auch die *kongenitale Immunitat* ist aber stets nur auf bestimmte Druckstufen beschrankt und hinsichtlich der korperlichen Leistungsfahigkeit — beim Tieflander fur Lagen uber 2000 m, beim Hochlander fur solche uber 4000 m — eine begrenzte Mit steigernder Meereserhebung nimmt die Immunitat ab Die zu ihrer Erwerbung notwendigen Anpassungszeiten wachsen mit zunehmender Hohe, namentlich, wenn eine moglichst vollwertige Adaptierung des Organismus erreicht werden soll, gemaß welcher korperliche Arbeit ohne wesentliche Beschwerden geleistet werden kann

Die *Schutzwirkung* ist keine bleibende, die Immunitat muß nach Ruckkehr in tiefere Lagen stets wieder neu erworben werden Durch vorausgegangenen Aufenthalt auf einer Hohenstufe kann die Anpassung an dieselbe erleichtert und damit die Akklimatisationsperiode verkurzt werden

Der Tieflander, wie auch der Bewohner der Hohenlagen von 2000 m verfugt uber eine breitere Anpassungsfahigkeit als der Eingeborene der Hohenregion von 4000—5000 m Der Eingeborene dieser Gebiete ist jedoch durch einen hohern Grad von Immunitat gegenuber Mehranforderungen gekennzeichnet als der akklimatisierte Tieflander

Ob bestimmte von rassialen Merkmalen unabhangige *somatische Unterschiede* zwischen den Eingeborenen des *Meeresniveaus* und jenen der asiatischen oder andinischen *Hochplateaux* bestehen ist noch nicht ausreichend untersucht worden Wichtig ware hiebei die Feststellung inwieweit etwa bestehende typische Differenzen durch den verminderten Sauerstoffdruck bedingt oder durch andere Einflusse der Umwelt veranlaßt sind — Durch die Eingliederung tieflandischer Volkselemente in die Hochregion namentlich jene uber 4000 m werden der Konstitutionsanthropologie und der Familienforschung weitere interessante Probleme erwachsen wobei im besonderen festzulegen sein wird inwieweit der Hohenbewohner tatsachlich nicht bloß funktionell sondern auch somatisch vom Tieflander abweicht ob Langen und Gewichtsindizes differieren — Unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht sind durchaus luckenhaft Selbst relativ

einfache Fragen wie u. a. nach der Schwangerschaftsdauer erscheinen noch offen. Ist die Immunität des Eingeborenen in der Tat eine kongenitale derart, daß der biologische Schutzapparat bereits während der Entwicklung des Fœtus angelegt bezw. Schutzstoffe von der Mutter auf das Kind übertragen wurden oder bildet sich die erhöhte Widerstandskraft gegen die relative Sauerstoffarmut der Atmosphäre erst post partum unter den Einflüssen der Umwelt bei körperlicher Betätigung aus? Kann, was durch entsprechende Tierexperimente feststellbar wäre, unter dem ungewohnten Einflusse von Sauerstoffmangel eine Schädigung der Frucht bezw. der Erbmasse erfolgen? Wie wirkt eine erschwerte Anpassungsperiode auf Gravidität und Deszendenz beim Menschen? Wie gestalten sich typische Immunitätsprozesse in der Höhe und bei Sauerstoffmangel?

Wenn es auch feststeht, daß die Eingeborenen der genannten Hochländer eine bis zu 60% größere Erythrocytenzahl, einen höhern Hämoglobingehalt (mit einer durchschnittlichen Sauerstoffsättigung des Arterienblutes von 83—86%) und ein größeres Blutvolumen besitzen als die Menschen im Meeresniveau, so wissen wir von somatischen Differenzen im wesentlichen nur, daß die Andenbewohner mit einer größern Weite des Brustkorbes, mit mehr horizontal verlaufenden Rippen und größerer Vitalkapazität ausgestattet sind. Auch besteht über deren relativ höhere Leistungsfähigkeit kein Zweifel. Es dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, daß außer dem Transportsysteme für den Sauerstoff aber auch andere Organe wie die Lunge, das Herz texturelle Unterschiede im Sinne einer echten Hypertrophie beim Hochländer aufweisen und solche vielleicht auch bezüglich des endokrinen Systems bestehen.

Nicht unvermerkt sei mit Rücksicht auf die Ausnutzung der Kraftquellen bei Sauerstoffmangel, daß von nationalen Eigenarten (Anglo-Amerikaner) abgesehen, der Tieflander überwiegend von vegetabilischer (Kohlehydrate der Zerealien), der Bewohner der Höhenlagen von 3000—4000 m von tierischer Nahrung (Eiweißstoffe mit den diesen entsprechenden Vitaminen) lebt, wie dies die natürlichen Verhältnisse bedingen. Immerhin vermag sich auch der Tieflander vollkommen an diese Höhenregion anzupassen. — Bauten wie Tunnel-Anlagen in großen Höhen werden besondere Präventivmaßnahmen für die *Arbeiter* hinsichtlich ihrer Leistung und Arbeitszeit, sowie eine nähere Feststellung des Nutzeffektes bei möglichster Schonung des Menschen erfordern.

Die Toleranz einzelner *Säugetiergruppen* gegen Sauerstoffmangel ist verschieden, wobei Carnivoren empfindlicher zu sein scheinen als die sich von Vegetabilien ernährenden Nagetiere. Auf weitere Einzelheiten — Verhalten der Huftiere, der Vögel — kann ich hier nicht eingehen.

Gegenüber dieser im Wege von Anpassungsvorgängen unter entsprechendem Training erworbenen sozusagen wetterfesten Toleranz gegen niedern Sauerstoffdruck und der dieserart gewonnenen muskulären Leistungsfähigkeit im Höhenklima gibt es, wie bemerkt — wenn wir die Begriffsbestimmung in unserm Referatthema auch hiefür beibehalten — eine *absolute Immunität* gegen Sauerstoffmangel durch die *künstliche Respiration dieses Gases* (von einer größern als dem Meeresniveau entsprechenden Dichte), wodurch restlos auch alle

jene Störungen verhindert und jene Symptome beseitigt werden, die nach der Meinung vereinzelter Autoren — *C. Jakoby* wie auch jüngst *R. Bayeux* — aus rein physikalischen bezw. mechanischen Gründen bei Verminderung des atmosphärischen Druckes auftreten müßten.

Wenn bei richtiger vollwertiger *Sauerstoffatmung* auch die im Körper selbst gebildeten Reize im allgemeinen ausreichend sind, um die Lungenventilation namentlich bei körperlicher Arbeit im Gange zu erhalten, so wird man dem Sauerstoff unter bestimmten Umständen Kohlensäure — praktisch etwa 3 bis 5% — zumischen, um eine ausgiebige Respiration zu erzielen und die Wirksamkeit des Verfahrens zu steigern. Für die protrahierte Anwendung von Sauerstoff als Schutzmittel sowie zur Unterstützung der Leistungsfähigkeit muskulärer Anstrengung (*M. Flack* und *L. Hill* für Athleten) erscheint im allgemeinen eine Konzentration von 60% bezw. auf Atmosphärendruck bezogen von 480 mm Spannung ausreichend und unschädlich, während für zeitlich beschränkte Bedürfnisse bei rascher Dekompression namentlich im Höhenniveau von 8000 m die Respiration von Sauerstoff voller Tension erforderlich ist. Zu diesem Zweck ist es unbedingt notwendig, daß die künstliche Sauerstoffatmung im Wege einer dicht anschließenden, Mund und Nase deckenden Maske erfolgt und dabei, wie schon erwähnt, auch für Befeuchtung und Erwärmung des Gases Vorsorge getroffen wird. Durch Anwendung einer solchen Mund und Nase deckenden Maske läßt sich im besondern auch Sauerstoffgas und demgemäß Gewicht sparen, indem schon der Zustrom von 2 l Sauerstoff pro Minute eine ganz wesentliche Korrektur der Respirationsluft bedeutet.

Diese willkürlich erzielbare *Immunität* ist aber naturgemäß eine bloß *temporäre*, die insolange währt, als der durch die Umwelt bedingte Sauerstoffmangel kompensiert wird. Bei bereits vorhandenen Störungen, namentlich solchen, die durch muskuläre Ueberanstrengung entstanden sind, kann die Sauerstoffrespiration nur von beschränktem Nutzen sein. Sekundäre Schäden kann sie nicht wegschaffen, sondern deren Beseitigung nur erleichtern. Sie wird jedoch auch unter solchen Umständen jene Erscheinungen ausgleichen, die als unmittelbare Folgen ungenügender Energiezufuhr zu betrachten sind und schon dieserart die reparatorischen Bestrebungen des Organismus fördern. — Aehnliches gilt auch für solche prophylaktische Maßnahmen, welche gemäß einer schon von *J. S. Haldane* gegebenen Anregung auf chemischem Wege, wie durch die Einverleibung *saurer Stoffe* — Ammoniumchlorid, saures Ammonphosphat — der bei Störungen der Anpassungsvorgänge möglichen Alkalose begegnen sollen, indem sie eine Steigerung der Wasserstoffionen-Konzentration des Blutes und damit des Sauerstoff-Diffusionsdruckes bezwecken. — Daß sich der Aderlaß (schon *E. Poeppig* 1836) ohne oder mit folgender Kochsalzinfusion bei Bergkrankheit (namentlich Stauung im kleinen Kreislaufe) nutzbringend erweisen kann, bleibe nicht unvermerkt.

Ich habe versucht, die vorstehend berührten *Beziehungen* in ein *Schema* (Fig. 4) zu bringen, wobei ich an jene Darstellung anknüpfen konnte, die von mir bereits vor 25 Jahren zur Klärung der Aetiologie der Bergkrankheit mitgeteilt worden ist. Zur Definierung des Sauerstoffmangels habe ich nunmehr statt der klassischen Be-

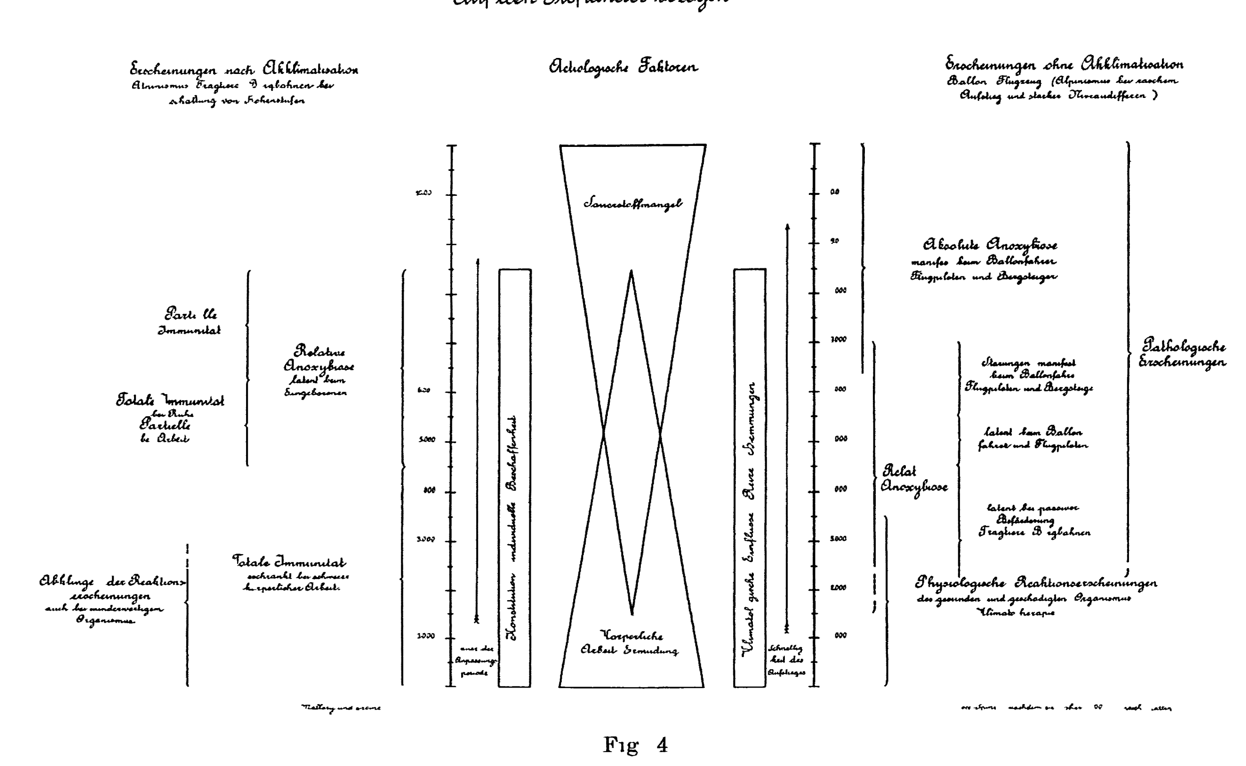

Schema der Pathologie der Höhenkrankheit und der Immunität gegen diese
Auf den Tiefländer bezogen
Erscheinungen nach Akklimatisation
Aetiologische Faktoren
Erscheinungen ohne Akklimatisation
Ballon Flugzeug (Alpinismus bei raschem Aufstieg und starken Niveaudifferenzen)
Sauerstoffmangel
Körperliche Arbeit Ermüdung
Konstitution individuelle Beschaffenheit
Klimatologische Einflüsse Reize Hemmungen
Absolute Anoxybiose
manifest beim Ballonfahrer Flugpiloten und Bergsteiger
Relat Anoxybiose
Pathologische Erscheinungen
Physiologische Reaktionserscheinungen
Partielle Immunität
Relative Anoxybiose
Totale Immunität bei Ruhe Partielle bei Arbeit
Totale Immunität
Abklinge der Reaktionserscheinungen

Fig 4

zeichnung von *D Jourdanet* „Anoxyhämie" den Begriff Anoxybiose gewählt, da dieser dem Zustand der Gewebe besser gerecht wird, auf welchen es ja doch vor allem ankommt Die graduelle Abstufung ist wieder durch die Unterscheidung von *absolutem* und *relativem Sauerstoffmangel* erfolgt, hinsichtlich dessen auch die Bezeichnung Hypoxybiose gebraucht werden konnte Diese wird im allgemeinen umso ausgesprochener sein, je tiefer das in Frage kommende Druckniveau ist, so daß die Hypoxybiose in den einzelnen Höhenstufen auch nach erfolgter Anpassung nicht immer die gleiche Valenz besitzt Was die Anordnung des Schemas betrifft, so bemerke ich hier nur kurz, daß die Dreiecke „Muskelarbeit Ermüdung" einer und „Sauerstoffmangel" andererseits keineswegs etwa Intensitätsdreiecke bedeuten, sondern vor allem zum Ausdruck bringen sollen, in welchem Maße diese Faktoren bei fortschreitender Luftverdünnung an dem Zustandekommen der Erscheinungen beteiligt sind

Im Hinblicke auf die tatsächlich bestehende wenn auch nicht immer nachweisbare Wirkung jedweder Veränderung insbesondere der Abnahme des Sauerstoffdruckes auf den Organismus bezw die Auffassung des *Immunitätsbegriffes* wie ich sie hier vertrete sollte das Dreieck „Sauerstoffmangel" mit seiner Spitze bis zur Abszisse herabreichen Ich habe diese jedoch um allgemeiner verständlich zu sein bereits im Höhenniveau von 1500 m enden lassen das ja in praktischer Richtung vor allem für die klimatische Therapie in Betracht kommt Dem Einflusse geringerer Differenzen der Sauerstoffspannung kann durch Anbringung eines Pfeiles mit Spitze nach unten noch besonders Rechnung getragen werden

Die klimatischen Faktoren (Erwärmungs und Abkühlungseffekt) die entweder einzeln oder in ihrer Totalität stärker hervortreten und die dadurch erzeugten Reize — auf sensible Nerven Vasomotoren Hautstoffwechsel Gesamtumsatz und Wärmeökonomie — sind vor allem für das Zustandekommen *physiologischer Reaktionsphänomene* maßgebend sie können aber auch für den Eintritt *pathologischer Erscheinungen* bestimmend sein sich bei bereits erschwerter Sauerstoffversorgung in größeren Höhen einzelne Komponenten (Kälte Wind Strahlung) stärker geltend machen wenn rascher Wechsel in der Wetterlage erfolgt und die Regulationsmittel des Organismus durch Muskelarbeit bereits überlastet sind — Den Schwankungen des elektrischen Potentialgefälles bezw der gesteigerten Ionisation und Leitfähigkeit der Luft dürfte im allgemeinen ein depressorischer Einfluß zu vindizieren sein Ob den Sauerstoffverbindungen des atmosphärischen Stickstoffes (Stickoxydul Nitroxyl) eine Bedeutung als auslösender Faktor der Höhenkrankheit zukommt wie jüngst *O Kestner* sowie *G Angeli* meinen müssen erst weitere Feststellungen ergeben — Konstitutionelle und individuelle Momente wie auch temporäre *Disposition* endlich die Schnelligkeit des Aufstieges — auf deren Bedeutung durch Pfeile Rücksicht genommen wurde — können wie mehrfach betont bedeutende Verschiebungen im Verhältnisse von Ursache und Wirkung hervorbringen und damit dem Beginn der region dangéreuse nach auf und abwärts verschieben

Zweckmäßig werden wir auf Grund der praktischen und experimentellen Erfahrungen *als kritische Grenze die Höhe von 4500 m* (430 mm) und als unbedingt gefährliche Region als Grenze des Lebens, die Höhe von 8500 m (265 mm) annehmen

Der Bedeutung und dem Grade der *Akklimatisation* habe ich unter Berücksichtigung der jüngsten Erfahrungen durch die Dar

stellung auf der linken Seite des Schemas Ausdruck verliehen, wobei man sich ebenfalls zu vergegenwärtigen hat, daß die Grenzen keine starren sein können, die erzielbaren Grade der Immunität vielmehr Uebergänge und Schwankungen aufweisen müssen. Die Unterscheidung in totale und partielle Immunität kann demnach im wesentlichen nur eine konditionelle sein. Deutlich tritt jedoch die durch die Anpassungsvorgänge bewirkte *Verschiebung des Gebietes der relativen Anoxyhaemie aus dem mittleren Niveau von 4500 in jenes von 6500, also um rund 2000 m hervor, während der Beginn der absoluten Anoxyhaemie aus der Höhe von etwa 6500 m auf jene von 8500 m verlegt wird.* Annähernd totale Immunität charakterisiert die untere, ausgesprochen partielle die obere Stufe, deren Grenze nicht mehr zu überschreiten ist.

Wenn ich hiebei, was vielleicht zu weit gegriffen erscheint, den Begriff *totale Immunität* bis in die Höhenzone von 6000 m ausgedehnt habe, so ist dies, wie nochmals bemerkt, mit Bezug auf mittlere Leistungsfähigkeit, nicht auf Maximalanforderungen, im besonderen aber unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Mount Everest Expedition geschehen, welche lehren, daß die Teilnehmer in dieser Zone dank der in der Tat allmählichen Anpassung selbst anstrengende Steigarbeit ohne wesentliche Behinderung vollbringen konnten.

Es versteht sich, daß das gegebene *Schema* nur den *Wert* einer *im allgemeinen gültigen Darstellung* der *Beziehungen* zwischen *Ursache* und *Wirkung* geben kann, um den Zustand des Organismus und jene Hilfsmittel zu charakterisieren, die demselben zu Gebote stehen, um die chronischen Schädigungen des Sauerstoffmangels auszugleichen und das Leben auf den Hochplateaux der Erde möglich zu machen. — Ich glaube, daß man in der Tat sagen darf, daß die Grundlagen der *Pathogenese* der *Höhenkrankheit* heute über allem Zweifel sichergestellt und ihre Ursachen viel klarer erkennbar sind, als dies für so viele Fragen im Bereiche der übrigen Pathologie der Fall ist.

Der *Sauerstoff* ist, wie dies zuerst der Genius eines *A. L. Lavoisier* erkannte, der Erhalter des Lebens auf der Erde, gegen dessen Mangel es eine absolute Immunität nicht geben kann. Der Organismus von Tier und Pflanzen vermag sich gemäß der besondern Differenzierung seiner Protoplasmastruktur immer nur innerhalb bestimmter, wenn auch relativ weiter Grenzen, zur Wehre zu setzen. — Die Witterungsreize wirken nicht unmittelbar. Die zur Erwerbung der Immunität gegen ein Klima notwendigen Anpassungsvorgänge bilden u. a. das Therapeutikum gegen die Tuberkulose. Dies gilt namentlich auch für das durch verminderten Sauerstoffdruck besonders getönte Höhenklima. Die Veränderung der Umwelt auch in sozialer Richtung ergänzt im seelischen Wege den Heilungsprozeß.

Diskussionsbemerkungen zur Biologischen Abteilung siehe Seite 549.

4 KLINISCH-THERAPEUTISCHE ABTEILUNG

Zur Geschichte der Klimatotherapie

Von Priv.-Doz. *G. A. Wehrli*, Zürich

Wie kaum ein anderer Zweig der medizinischen Therapie zeigt die Klimatotherapie eine Gebundenheit an den historischen Werdegang der Heilkunde im ganzen und speziell noch eine große Abhängigkeit von der Entwicklung verschiedenster Hilfswissenschaften, wie dies ja für den Aufschwung der modernen Medizin überhaupt charakteristisch ist. Ich begrüße es daher außerordentlich, daß die Veranstalter dieser internationalen Tagung auch dem Historiker der Medizin Gelegenheit geben, sich zu äußern, auch wenn er damit nicht direkt Bausteine liefert zur Lösung der ernsten Probleme, die die hier versammelten Vertreter des wissenschaftlichen Fortschrittes in erster Linie interessieren. Wir Historiker sind uns aber doch bewußt, daß auch wir praktisch nützliche Arbeit leisten dadurch, daß wir ganz allgemein zur völligen Erfassung einer Disziplin beitragen, denn daß dafür die Kenntnis des historischen Werdeganges eine nicht unwesentliche Rolle spielt, dürfte doch einleuchtend sein.

Zur Geschichte der Klimatotherapie nun übergehend, möchte ich zusammenfassend vorausschicken, daß von alters her klimatische Heilfaktoren im Gebrauche standen. Ihre Wirksamkeit und ihre fundamentale Bedeutung wurden aber im Altertum mehr nur geahnt, als wirklich erkannt. Das Mittelalter vollends und die ersten Jahrhunderte der Neuzeit scheinen überhaupt nicht mehr bewußt Klimatotherapie getrieben zu haben, wohl aber in vermehrtem Maße indirekt als Beigabe anderer Heilverfahren. Erst die jüngst vergangenen Jahrzehnte bringen die Erhebung der Klimatotherapie zur Selbständigkeit, zum gesuchten und geschätzten Heilverfahren, das nun in seiner Dreiheit als südliches Klima, als Seeklima und als Höhenkur zum unentbehrlichen Rüstzeug jedes Arztes geworden ist.

Der primitive Mensch nun ist den verschiedensten klimatischen Einflüssen gegenüber in erster Linie vom Standpunkt der Furcht eingestellt. Ihm, der im tagtäglichen Kampf mit Wind, Regen, Kälte und Hitze steht und in steter Furcht vor zerstörenden Naturgewalten dem Boden seinen dürftigen Lebensunterhalt abgewinnt, ist es sicherlich nicht zu verargen, wenn er in den verschiedenen klimatischen Faktoren in erster Linie böse Einflüsse wittert. So ist denn die Sagen

welt unseres Volkes durchwoben von Geister und Damonengeschichten, die sich an Natureieignisse anschließen, von denen nur die Winde bestimmter Oertlichkeiten als Geisterzuge, die Nebel und Wolken als der Sitz unheimlicher Damonen, Bergspitzen und Gletscher als Wohnstatte armer Seelen als Beispiele angefuhrt sein mogen Und wenn wir nach dem Suden unsern Blick wenden, so begegnen uns dort die Sonnenstrahlen als Pest und Unheilbringer

Es ist nun außerordentlich interessant zu sehen, wie bei Hippokrates dem Vater der wissenschaftlichen Medizin und dem Begrunder der Klimatologie im speziellen — er lebte im 5 vorchristl Jahrhundert — die fur die Primitiven charakteristische Einstellung auch fur ihn noch weiterbesteht, insofern auch er vorzuglich auf die Herausschalung der schadigenden Momente in den verschiedenen Klimaten ausgeht Hippokrates hat eine eigene Schrift verfaßt mit dem Titel Ueber Luft, Wasser und Oertlichkeit, und er bemuht sich darin in erster Linie Feststellungen zu machen uber den Einfluß der klimatischen Bedingungen auf Entstehung, Art und Verlauf der Krankheiten Er schildert in beangstigender Ausfuhrlichkeit die vielen Krankheiten, von denen die Bewohner einer Stadt befallen werden mussen, wenn ihr Wohnort warmen Winden ausgesetzt sei Nicht minder groß ist die Liste der Krankheiten in einer von diesen Sudwinden verschonten Stadt die Hippokrates im folgenden Kapitel aufzahlt Dann kommt die Schilderung der krankmachenden Wirkungen des Wassers an die Reihe und so geht das weiter Von der Verwendung klimatischer Kuren zu therapeutischen Zwecken ist aber in der hippokratischen Schriftensammlung mit Ausnahme einer einzigen Bemerkung — bei langwierigen Krankheiten ist es gut, den Ort zu verandern — nichts zu finden Diese Kuren werden wohl in der damaligen Zeit noch keine großere Bedeutung gehabt haben

Man behandelte aber doch schon seit langer Zeit klimatisch Das zeigt außer der eben angefuhrten Bemerkung auch die Anlage der Asklepieien, der Wunderkurorte und Wallfahrtsstatten des Altertums uber deren gesundheitlich vorteilhafte Lage an erhohten Orten in klimatisch bevorzugter Gegend die neuern Erforscher derselben nicht genug ruhmen konnen indem sie dieselben direkt in Parallele mit modernen Sanatorien stellen Auch die nachhippokratischen Schriftsteller der Medizin bringen immer wieder kurze Andeutungen von klimatotherapeutischen Maßnahmen, von denen uns die Empfehlung von Klimawechsel und Seereisen oder der Aufenthalt in Nadelholzwaldern zur Behandlung der Phthisis wie wir sie bei Celsus und Plinius finden, ganz besonders interessieren Bei Aretaeus sodann finden wir das ganze klimatotherapeutische Rustzeug empfohlen außer den bereits genannten Kuren Reisen aus kalten Ortschaften in warmere, aus feuchten in trockene Aufenthalt an der Seekuste, Meerwasser und Sandbader

Vollends gibt uns der zweite große Arzt der Antike Galen — er lebte von 130—200 n Chr — weitgehende Beschreibungen klima

tischer Heilfaktoren Galen ist es denn auch gewesen, bei dem sich die Klimatotherapie zum erstenmal zu einer Hohenlufttherapie differenziert, indem er deutlich den Gebirgsaufenthalt zur Behandlung der Phthisis verlangt Besonders eingehend mit Krankengeschichten schildert Galen die Milchkur in Tabia, am Meerbusen zwischen Sorrent und Neapel und dessen Erfolge in der Behandlung von Schwindsuchtigen Weiter ruhmt er den Aufenthalt in trockenen hochgelegenen Orten Aegyptens und Lybiens, Land und Seereisen, Wechsel der Gegend resp Luftveranderung Typisch ist auch die Einstellung Galens zu den Winden uber die er folgendes sagt „Besser ist der von einem großen Meer herkommende Wind der Gute nach folgt der, der von den Bergen her weht es ist offenbar, daß die hochgelegenen Orte, welche von allen Seiten durchweht sind und fur die Winde kein Hindernis bieten, auch die besser ventilierten sind und daß deshalb die dortigen Bewohner ihr Leben fast ganz gesund hinbringen ' Wir sehen eine vollstandige Umstellung gegenuber der Gedankenrichtung des Hippokrates Nicht mehr die schadigenden Einflusse des Klimas stehen im Vordergrund der Betrachtung sondern dessen therapeutische Verwendung Die Klimatotherapie in ihren wesentlichen Grundzugen ist geschaffen

Wie in so vielen andern Gebieten so hat auch hier der Verfall der antiken Kultur eine weitere Entfaltung verunmoglicht Die mittelalterlichen medizinischen Schriftsteller machen nur vereinzelte klimatotherapeutische Angaben, die niemals uber das in der Antike Gebotene hinausgehen Dahingegen erlangt das im Altertum nur wenig gepflegte Mineralbad ungeahnte Beliebtheit Durch religios kultische Vorschriften und Anschauungen befordert, durch das naturliche Bedurfnis des Menschen nach Korperreinlichkeit und Korperkultur stets aufrecht erhalten und durch die weitgehende Befriedigung menschlicher Genußsucht in verschiedenster Richtung ist das mittelalterliche Badewesen uberhaupt zu einem gewichtigen Lebensfaktor geworden uber dessen Bedeutung ich Sie hier nicht weiter aufzuklaren brauche Was uns aber in diesem Zusammenhang ganz besonders interessiert ist die Tatsache, daß das seit dem Mittelalter von Jahrhundert zu Jahrhundert immer starker kultivierte Mineralbad der zunachst unbewußte aber machtigste Schrittmacher der modernen Klimatotherapie geworden ist, ohne den wir zweifellos erst am Anfange der so machtigen Bewegung stehen wurden Es genugt darauf hinzuweisen, wie der Großteil der alten klimatischen Kurorte mit Einschluß des herrlichen St Moritz als Mineralbader ihren Siegeslauf begonnen haben und wie man im Bestreben alle die chemisch wirksamen Substanzen im Wasser der an den verschiedensten Orten aus der Erde emporsteigenden Quellen fur die leidende Menschheit nutzbar zu machen uberall auf dem Lande, vorzuglich aber im quellenreichen Gebirge zahlreiche klimatische Kurorte geschaffen hat

In ganz gleichem Sinne wirkte die im 18. Jahrhundert auftauchende Bewegung für Milch- und Molkenkuren, die uns die prächtigen klimatischen Kurorte des Appenzellerlandes z. B. geschenkt hat.

Das war also zum größten Teil unbewußt ausgeübte Klimatotherapie. Vollends haben dann die großen Umwälzungen in der Medizin, die Zugrundelegung der pathologischen Anatomie für das gesamte medizinische Denken und die daraus resultierende Einsicht in die gewaltige Ueberschätzung der bisher fast ausschließlich medikamentösen Therapie die Wege geebnet für die Wertschätzung physikalischer Heilmethoden und klimatischer Kuren.

Es gibt auch außerhalb der Heilkunde stehende Bewegungen, die der modernen Klimatotherapie zu ihrem Aufschwung verholfen haben, und hier ist in erster Linie des naturwissenschaftlichen, künstlerischen und sportlichen Interesses für die Alpen zu gedenken. Den alten Griechen und Römern war bekanntlich die großartige Schönheit der Alpenwelt völlig verschlossen geblieben. Sie kannten nur das Grauen vor den sich ablösenden Eismassen, welche ganze Karawanen in dunkle Abgründe stürzen, vor furchtbaren Stürmen, welche die Höhen umsausen und vor zahlreichen Räubern, denen die unzugänglichen Täler sichere Verstecke bieten, wie das Strabo so anschaulich schildert. Für die Stellung der Alpenbewohner selbst ihren Gebirgen gegenüber ist die Pilatussage typisch. Hier ruft der im dortigen Bergsee sich aufhaltende böse Geist des biblischen Statthalters fortwährend Stürme und Gewitter hervor und stürzt Hütten und Herden in den Abgrund, bis ein fahrender Schüler endlich ihn beschwört. Aber auch dann noch verlangt er alljährlich seine Opfer und wenn je jemand den Geist neckte, wenn man in der Nähe des Sees lärmte und schrie, Steine, Holz oder irgend etwas in das Wasser warf oder mit einem Stock darin rührte, so zogen sich sogleich drohende Wolken um den Berg zusammen und mit Donner und Blitz brach das fürchterlichste Unwetter los, so daß die Luzerner Regierung das Betreten der betreffenden Gegend verbieten mußte. Noch im Jahre 1705 konnte in Rostock eine Arbeit gedruckt werden, in welcher der Abscheu vor den fürchterlichen Bergen auch auf die Alpenluft und deren Bewohner übertragen und behauptet wird, daß die Schweizerluft wie diejenige in den Tyroler und Kärntneralpen wegen ihrer Ungesundheit und Grobheit die Gemüter der Bevölkerung ganz dumm mache. Daher rühre bei den Schweizern das Heimweh, weil sie in der Fremde eine gesundere und reinere Luft nicht vertragen konnten.

Eine Bresche in diese Vorurteile war aber schon längst geschlagen. Bereits im 16. Jahrhundert hatten Bergbesteigungen zu wissenschaftlichen Zwecken durch unsere großen Naturforscher begonnen. Es ist zweifellos, daß Leonardo da Vinci vom Jahre 1511 an zahlreiche Touren in den Alpen gemacht hat. 1555 besteigt Konrad Gesner den Pilatus und erklärt die Pilatussage als Aberglauben und schon im Jahre 1540 nimmt er sich vor, alle Jahre wenigstens einen Berg zu erklimmen, nicht nur zur Erweiterung seiner naturwissenschaft-

lichen Kenntnisse, sondern er erfreut sich auch an der weiten Aussicht, an der Mannigfaltigkeit der Bergformationen und diese Besteigungen stärken nicht nur seinen Körper, wie er sich ausdrückt, sondern sie gewähren seinem Geiste die edelste Erholung. Noch verdienter um die Erforschung der Alpen machte sich ein zweiter Zürcher Naturforscher und Arzt, J. J. Scheuchzer (1672—1733), und der größte Lobpreiser ist den Alpen in Albrecht Haller erwachsen, durch dessen Gedicht, „die Alpen“, die Verherrlichung der Gebirgswelt in kurzem Zeitraum zum Gemeingut der ganzen zivilisierten Menschheit werden sollte. Nicht wenig trugen dazu bei die Ideen J. J. Rousseaus von der Rückkehr des Menschen zu einfachen natürlichen Verhältnissen und so sehen wir denn, wie seit der Mitte des 18. Jahrhunderts die ersten Vergnügungsreisenden in der Schweiz sich einfinden. Es ist dies der Beginn des heute so mächtig angeschwollenen Fremdenverkehrs. Der Bann ist gefallen, die Augen geöffnet und die Bereitschaft geschaffen für alles Gute und Schöne, das uns die Gebirgswelt bietet. Der Sportgeist setzte ein und auch er hat der Klimatotherapie wertvolle Vorarbeit geleistet dadurch, daß er zeigte, wie auch Winteraufenthalte im Hochgebirge keine Verwegenheiten sind, sondern umgekehrt von unschätzbarem Wert für Seele und Körper und vor allem auch für den kranken Menschen.

Ich habe bis dahin in fragmentarischer Uebersicht einige der wichtigsten historischen Momente vorgeführt, die zu einer ausgedehntern Verwendung klimatischer Faktoren zu Heilzwecken hinführen. Das wichtigste aber und die Krönung aller dieser Strebungen habe ich Ihnen vorenthalten: das ist die seit einigen Jahrzehnten einsetzende naturwissenschaftliche Ergründung der klimatischen Heilfaktoren, die Erhebung der Klimatotherapie zur selbständigen Wissenschaft, ohne die wir nur erst auf der bereits von Galen im Altertum erreichten Stufe stehen geblieben wären. Es ist dies eine nicht hoch genug zu wertende Erscheinung und um so interessanter und lehrreicher, als der Weg dazu über die Entwicklung der Naturwissenschaften geht, vor allem natürlich über die Entfaltung der Klimatologie, die in erster Linie das Verdienst Alexander von Humboldts ist. Daß bei diesem großen Manne die Pflanzengeographie, die er ja eigentlich erst geschaffen hat, im Mittelpunkt des Interesses steht, freut uns um so mehr, als auch zu diesem Kongreß die Herren Botaniker hinzugezogen worden sind. Sie zahlen uns damit das zurück, was die Aerzte der Renaissance einst als Begründer und Väter der Botanik, wie sie gemeinhin genannt werden, für ihr Fach geleistet haben. Die Arbeit der Meteorologen wird nun zur wichtigsten Stütze für die Klimatotherapie. Aber auch die Mediziner gehen zur experimentellen, streng wissenschaftlichen Erforschung des Einflusses der einzelnen klimatischen Faktoren auf den menschlichen und tierischen Körper über. Unter ihnen möge der Franzose Paul Bert mit seinem 1878 erschienenen grundlegenden Werke: La pression barométrique, Recherches de Physiologie expérimentale, als einer der ersten rüh

mend hervorgehoben sein. Die Fortschritte der Technik, der Physik und Chemie gestatten die Anwendung immer zahlreicherer messender und wägender Apparate und die fortschreitende Ausschaltung der subjektiven Meinung und des intuitiven Urteils. Der Einfluß der verdünnten Luft auf den menschlichen Organismus wird studiert, Stoffwechselversuche werden angestellt, die Vermehrung der roten Blutkörperchen im Hochgebirge konstatiert. Die Erkenntnis der chemischen Wirkung der ultravioletten Strahlen und der intensiveren Wirksamkeit der Hochgebirgssonne führt zur Sonnenlichtbehandlung chirurgischer Krankheiten, wie sie durch die Namen von Bernhard und Rollier genügend charakterisiert erscheinen.

Mit all den angedeuteten Gesichtspunkten stehen wir mitten in den aktuellen Fragen der gegenwärtigen wissenschaflichen Forschung drin. Sie zeigen Ihnen, wie jung die ganze Wissenschaft der Klimatotherapie ist. Ja, wenn wir genauer hinsehen, so erfahren wir, daß durch Brehmer erst in Görbersdorf, er lebte von 1826 bis 1889, seit 1857 die Höhenlufttherapie und die Sanatoriumsbehandlung so eigentlich inauguriert wurden, daß Brehmer selbst noch, offenbar unter dem Einfluß der bisherigen Behandlungsweise zwar nicht eine Mineralquelle neben den klimatischen Heilfaktoren in Anwendung brachte, wohl aber hydrotherapeutische Prozeduren. Diese wurden dann auch in das durch Spengler als Lungenkurort emporgebrachte Davos eingeführt, indem auch hier alle Patienten unter die Douche gebracht wurden und sich kalte Abreibungen machen lassen mußten. Interessant ist übrigens, wie zahlreiche Kurgäste von Görbersdorf nach dem klimatisch weit günstiger gelegenen Davos übersiedelten und zur so rapiden Entfaltung dieses Kurortes beitrugen. Die erste Entdeckung aber des gesundheitlich so einzigartigen Klimas von Davos und die erste Errichtung einer Anstalt zur Heilung von skrophulösen Kindern daselbst, liegt im Gegensatz zu den in der Literatur darüber gemachten Angaben vor der Gründung von Görbersdorf. Sie sind das Verdienst des damaligen Landschaftsarztes Dr. Rudi, dem vor allem das Fehlen skrophulöser und tuberkulöser Erkrankungen an der einheimischen Bevölkerung auffiel. Wenn aber Davoser auswanderten und mit der Skrophelkrankheit oder mit der Phthisis behaftet nach der Heimat zurückkehrten, berichtet er, so waren daselbst die merkwürdigsten Naturheilungen in unglaublich kurzer Zeit, und zwar in allen Stadien und Formen bloß unter dem Einfluß der Veränderung und Verbesserung klimatischer und diätetischer Verhältnisse erfolgt. Diese Beobachtungen veranlaßten Rudi zur Errichtung der bereits angeführten Anstalt im Jahre 1841, in der er damals 12 Kranke aufnehmen konnte, später deren 20. Die Behandlung war eine vorzüglich diätetisch roborierende mit starker Bevorzugung der Milchnahrung. Die schwächlichen Kinder wurden dazu ins Freie getragen, um ihren Tagesschlaf in freier Luft zuzubringen, wobei man sie durch Bedecken mit einem weißen Tuch vor den Sonnenstrahlen schützte.

Der gewaltige Unterschied zwischen den damaligen primitiven Anfangen und dem heutigen Großbetrieb ist eklatant Wir haben allen Anlaß Davos zu seiner erstaunlichen Entwicklung zu gratulieren und vor allem mussen wir anerkennend hervorheben, wie Davos die Forschung durch streng wissenschaftliche Arbeit als Selbstzweck sich zum Ziele gesetzt hat wofur nicht zuletzt die Veranstaltung dieser internationalen Tagung und die Grundung des Institutes fur Hochgebirgsphysiologie und Tuberkuloseforschung ein glanzendes Zeugnis sind

Literatur

Man vergleiche vor allem den historischen Ueberblick in *Zuntz* und *Loewy* Hohenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen 1906 Seite 33 und 34 sind zahlreiche weitere Quellen angegeben — *Pagel* im Handbuch der physikalischen Therapie von *Goldscheider* und *Jacob* Leipzig 1901 Bd 1 — *Frey Jacob* Die Alpen im Lichte verschiedener Zeitalter Berlin 1877 — *Meyer Ahrens* Kurze Mitteilung uber das Klima des Davosertals im Kanton Graubunden dessen Heilsamkeit gegen Skrophulosis und die von Dr *Ruedi* gegrundete Anstalt zur Heilung skrophuloser Krankheitsformen Schweiz Zschr f Med Chir und Gebh 1845

Physiologische und therapeutische Wirkungen des kunstlichen Lichts

Von *Carl Sonne* Kopenhagen

Wenn man in der Lichttherapie vom „Licht“ im allgemeinen spricht, meint man hiermit nicht allein die sichtbaren, leuchtenden Strahlen, sondern auch die unsichtbaren, ultravioletten Strahlen, dahingegen pflegt man eine Bestrahlung mit ultraroten Strahlen nicht Lichtbehandlung zu nennen, das ist eine reine Warmebehandlung

Welche spezifischen Wirkungen dieser sogenannten Lichtstrahlen auf den tierischen Organismus kennen wir nun? Als spezifisch sehen wir hier die Wirkungen an, die uber die durch eine bloße Bestrahlung mit dunklen Warmestrahlen erzielten hinausgehen Zweifellos wirkt der uberwiegende Teil der Energie, die das Licht uns zusenden kann, durch Umbildung in Warme Um was es sich bei der Lichtbestrahlung handeln kann ist 1 ob außerdem noch andere Wirkungen vorhanden sind, und 2 ob diese Warmeeinwirkung moglicherweise von besonderer Art ist

Bevor ich auf eine Beantwortung dieser Frage naher eingehe will ich ganz kurz zwei zweifellos spezifische Lichtwirkungen besprechen, die besonders die mehr kurzwelligen Strahlen, die blauen und ultravioletten, lebenden Zellen und tierischen Organismen im allgemeinen gegenuber haben Ich denke hierbei an die Fahigkeit dieser Strahlen, Bakterien zu toten, eine Eigenschaft, die von der allergroßten hygienischen Bedeutung ist, sowie an ihre besondere Fahigkeit, Hauterythem hervorzurufen, was besonders im Zusammenhang mit der Lichtwirkung auf die Zirkulationsorgane von Interesse ist Die Blutdrucksenkung nach dem universellen Lichtbad, die verschiedene Autoren beobachtet zu haben glauben, kann wahrscheinlich auf rein mechanische Weise durch die langer dauernde Hautkapillardilatation nach dem Lichtbad erklart werden

Wie die Verhaltnisse augenblicklich liegen, wo wir in Wirklichkeit ubrigens so wenig von dem feinern Mechanismus bei der Lichtwirkung in der Therapie kennen, ist es, glaube ich am zweckmaßigsten mit der Besprechung der Krankheiten zu beginnen die sich

zweifellos als fur die Lichtbehandlung zuganglich erwiesen haben Indem wir so einige feste Anhaltspunkte haben, von denen wir ausgehen konnen, werden wir vermutlich am leichtesten vermeiden allzusehr in unfruchtbare Spekulationen zu geraten

Das kunstliche Licht hat eine absolut sichere Wirkung auf die Rachitis, sowohl auf die spontane menschliche Rachitis wie auf die experimentelle Tierrachitis, auf die mit der Rachitis sicher verwandte Tetanie hat das Licht gleichfalls eine vorteilhafte Wirkung Ferner wissen wir, daß das Licht bei gewissen Formen von Tuberkulose heilend wirkt, namlich besonders bei der sogenannten chirurgischen Tuberkulose Wenn man von der allerdings wesentlich psychischen Wirkung des kunstlichen Lichtes auf eine Reihe verschiedener neurasthenischer Leiden absieht, ist es die Lichtwirkung gegenuber diesen Krankheiten, der Rachitis mit der Tetanie und der chirurgischen Tuberkulose auf die wir im wesentlichen unsere Betrachtungen basieren mussen Auf die wahrscheinliche Wirkung des Lichtes bei verschiedenen andern Krankheiten wie Diabetes und Arthritis urica will ich spater zuruckkommen

Da springt uns nun hier sofort eine Tatsache in die Augen, die Rachitis ist durch eine vielfach schwachere Bestrahlung als die chirurgische Tuberkulose sehr wirksam zu beeinflussen Kinder mit Rachitis konnen im Laufe ganz kurzer Zeit mit Hilfe weniger Minuten langer, taglicher Bestrahlung mit einer Quecksilberquarzlampe oder einer Kohlenbogenlampe geheilt werden, wahrend man erst durch mehrere Stunden lange Bestrahlung, taglich oder jeden Uebertag Monate hindurch fortgesetzt, eine Wirkung gegenuber der Tuberkulose zu sehen erwarten kann Ferner bei Rachitis wissen wir mit Sicherheit, daß die ultravioletten Strahlen hier die wirksamen sind, bei der Tuberkulose wissen wir noch nichts mit Sicherheit daruber, welche Strahlen hier die wirksamen sind, oder ob es vielleicht die Kombination sowohl der sichtbaren als auch der ultravioletten Strahlen ist, die wirkt

Die Wirkung bei der Rachitis ist im großen ganzen uberhaupt die fur die Untersuchung am leichtesten zuganglich gewesene Wir wissen, daß es die ultravioletten Strahlen zwischen 400 $\mu\mu$ und 280 $\mu\mu$ sind, die bei experimenteller Rachitis wirken So sahen wir in unserm Laboratorium, daß Strahlen, die durch Uviolglas gehen, das die außersten ultravioletten Strahlen von 280 $\mu\mu$ und weiter fortschafft, ebenso gute Wirkung wie das ganze Spektrum haben schafft man alle ultravioletten Strahlen z B mit einem Chininsulfatfilter fort, so bekommt man dagegen keine Wirkung Die leuchtenden Strahlen allein sind also der Rachitis gegenuber ganz wirkungslos

Wie von vielen Seiten zuerst von *Heß* und *Unger* in Amerika gezeigt erhalt man bei Lichtbehandlung der Rachitis eine Steigerung des anorganischen Phosphors im Serum wahrend diese Phosphorfraktion wahrend der Krankheit unter die Norm herabgesetzt ist gleichzeitig schwinden die anatomischen Krankheitszeichen Wir haben uber diese Verhaltnisse verschiedene Untersuchungen in unserm Laboratorium gemacht Es hat sich

dabei gezeigt daß diese Wirkung der ultravioletten Strahlen die anor ganische Phosphormenge oder richtiger die saurelosliche Phosphorfraktion im Serum zum Steigen bringen zu konnen daß diese Wirkung nicht nur fur Rachitis oder fur Krankheiten eigentumlich ist wo die Menge dieser Phosphorfraktion herabgesetzt ist So konnten wir bei normalei Kaninchen zirka 1½ Stunden nach einem Lichtbad konstant eine Stei gerung der vorher normalen saurelosIichen Phosphormenge im Serum nach weisen und dies sowohl bei jungen als auch bei ausgewachsenen Tieren Bei einem jungen Tier haben wir so eine Steigerung von 5 8 mgr % bis zu 8 3 mgr % und bei einem ausgewachsenen von 3 9 bis zu 5 1 mgr % ge sehen Wir haben viele Versuche gemacht um festzustellen worin die direkte Ursache hierfur liegt aber wir sind noch zu keinem Resultat ge kommen Es ist eine allgemeine Annahme daß die Phosphatide die orga nischen Phosphorlipoide vom Licht sehr leicht beeinflußbar sind Wir haben jedoch keine Anhaltspunkte dafur finden konnen daß das Licht bei Bestrahlung organischen Gewebes wie Haut oder Blut anorganische Phos phorverbindungen davon abspaltet

Rattenjunge auf Mc Collum s Diat Nr 3143

Ratte	Vor der Behandlung (2×4 Tage): Zunahme vom Korper gewicht pr Tag	Retention v Phosphor und Calcium (mgr): pr Tag	pr 1 gr Körper gewicht	Während der Behandlung (3×4 Tage): Behandlung	Zunahme vom Körper gewicht pr Tag	Retention v Phosphor und Calcium (mgr): pr Tag	pr 1 gr Körper gewicht	
1	1 0	P 3 0 Ca 4 4	P 3 0 Ca 4 4	keine	1 0	P 3 1 Ca 3 9	P 3 1 Ca 3 9	floride Rachitis
2	1 8	P 6 8 Ca 8 1	P 3 9 Ca 4 6	keine	1 4	P 5 6 Ca 4 6	P 3 9 Ca 3 2	floride Rachitis
3	0 6	P 2 5 Ca 5 1	P 4 0 Ca 8 2	Bestrahl m Hohensonne	0 8	P 7 3 Ca 9 0	P 9 7 Ca 12 0	geheilt
4	1 3	P 4 3 Ca 9 1	P 3 4 Ca 7 3	Bestrahl m Hohensonne	0 6	P 6 2 Ca 11 0	P 10 6 Ca 18 9	geheilt
5	1 0	P 4 8 Ca 7 1	P 4 8 Ca 7 1	Lebertran	0 5	P 4 8 Ca 8 1	P 9 5 Ca 16 2	geheilt
6	0 9	P 4 5 Ca 10 4	P 5 1 Ca 11 9	Lebertran	0 4	P 3 1 Ca 3 6	P 7 4 Ca 8 6	geheilt

Die Ausscheidung von Phosphor und Calcium wurde sowohl im Urin als auch in Faces untersucht und es wurde gefunden daß die Retention in einer Verkleinerung der Ausscheidung im Darm bestand

Daß die vermehrte Phosphormenge im Organismus in den licht behandelten Rachitisfallen in letzter Instanz von einer erhohten Phos phoraufnahme vom Darm herkommt, hat mein Assistent, Dr *Schultzer* dagegen durch eine langere Reihe von Mineralstoffwechsel versuchen an Ratten nachweisen konnen, er hat durch sie eine Mit teilung aus der Schule von Baltimore bestatigt, wo man an einigen rachitischen Kindern etwas Aehnliches gesehen hat Wenn Ratten Rachitis bekommen, u a weil die Kost zu wenig Phosphor enthalt und sie dann durch Bestrahlung geheilt werden, zeigt es sich daß

sie infolge der Behandlung in den Stand gesetzt sind, weit mehr Phosphor vom Darm aufzunehmen aus der kleinen Menge, die da vorhanden ist, sie sind mit andern Worten in den Stand gesetzt worden, den Phosphorgehalt der Nahrung in weit effektiverer Weise als vor der Bestrahlung auszunutzen Ganz ahnliche Verhaltnisse gelten ubrigens auch fur Kalzium Beruht die Rachitis auf einem Kalkmangel in der Kost, dann wird eine Lichtbehandlung die Fahigkeit des Organismus erhohen konnen in hoherm Grad als vorher den Kalkgehalt der Nahrung auszunutzen und dadurch eventuell die Rachitis zu beheben

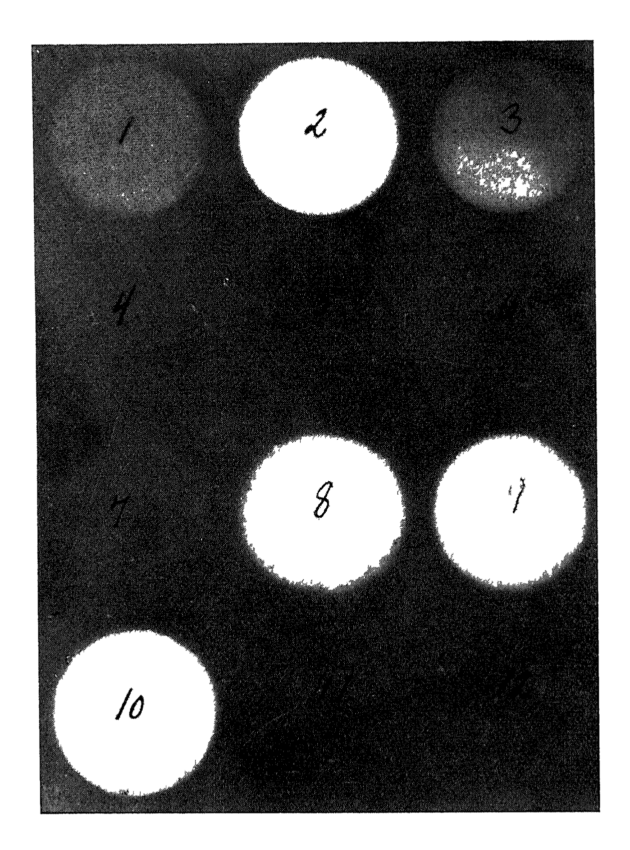
Sie sehen hier ein Extrakt von einigen dieser Versuche

Wie der feinere Mechanismus bei diesen eigentumlichen Verhaltnissen in Wirklichkeit ist dem haben wir wie erwahnt bei der direkten Bestrahlung von Organen oder Organ Extrakten nicht auf die Spur kommen konnen Dagegen sind in der letzten Zeit einige Beobachtungen publiziert worden die vielleicht nach und nach zur Klarung der Sachlage mitverhelfen konnen wenn auch noch sicher ein langer Weg zuruckzulegen ist bis wir ein volles Verstandnis dafur bekommen

Es ist ja eine ganz bekannte Sache daß der Lebertran eine entschieden gunstige Wirkung bei der Rachitis auch auf die experimentelle Ratten Rachitis hat Dr *Schultzer* hat zeigen konnen daß Lebertran per os gegeben auf ganz entsprechende Weise wie das Licht wirkt namlich durch Erhohung der Fahigkeit des Organismus — oder des Darms — den Phosphor oder Kalkgehalt der Nahrung besser auszunutzen *Stenbock* und *Heß* in Amerika haben nun in ihren Arbeiten unabhangig von einander zeigen konnen daß verschiedene andere organische Oele oder Fettstoffe die vorher nicht die geringste Wirkung bei Rachitis hatten ganz die gleiche Wirkung wie Lebertran bekommen konnen wenn sie einige Zeit ultravioletter Lichtbestrahlung ausgesetzt waren Schon die Bestrahlung der Nahrung die das rachitische Individuum zu verzehren bekommt kann also zur Heilung der Rachitis ausreichen Das wird auch von *Hume* und *Smith* bestatigt die beobachtet haben daß bloße Bestrahlung der Sagespane im Rattenkafig hinreicht die Entstehung der Rachitis bei Ratten zu verhuten *Haxthausen* der Mitarbeiter am *Finsen*schen Lichtinstitut war hat nun die eventuelle Strahlung dieser bei Rachitis wirksamen Stoffe untersucht indem er eine photographische Platte ihrer Einwirkung aussetzte Es zeigt sich dabei das sehr interessante Phanomen daß durchweg die wirksamen Stoffe auch die photographische Platte beeinflussen konnen Lebertran wird in eine flache Schale ausgegossen daruber wird eine photographische Platte derart gelegt daß zwischen Schale und Platte ein Stuck schwarzes Papier kommt in welchem ein Kreuz ausgeschnitten ist Es erweist sich dann, daß der Lebertran die Platte genau dem Kreuz entsprechend geschwarzt hat Es bedarf dazu mehrstundiger Exponierung Beleuchtete Oele die vor der Beleuchtung bei Rachitis nicht wirken im Gegensatz dazu aber nach der Beleuchtung schwarzen die Platte und die unbeleuchteten tun es nicht usw In Uebereinstimmung mit *Hume* und *Smith*s Versuchen bekommen auch Baume besonders die harzreichen Striche an den Baumen die ausgesprochene Fahigkeit auf die photographische Platte einzuwirken nachdem sie ultravioletter Bestrahlung ausgesetzt waren Worauf diese Beeinflussung der photographischen Platte beruht ist zum Teil noch eine offene Frage Eine ultraviolette Strahlung ist kaum die Ursache eine zwischengelegte Quarzplatte hindert die Wirkung namlich vollstandig auch kann es sich nicht um Radioaktivitat handeln Lebertran vermag namlich ein Elektroskop nicht abzulenken was es ja tun sollte wenn es sich um eine radioaktive Strahlung handelte Da es sich somit kaum um echte Strahlung handeln kann jedenfalls nicht von

bisher bekannten Strahlen, muß man bis auf weiteres am ehesten an die Erklärung durch Diffusion eines oder anderen Stoffes in Dampfform denken. Es würde zu weit führen, hierauf näher einzugehen, aber man muß am ehesten an die Bildung von Superoxyden oder vielleicht an Spaltungsprodukte von Lipoiden oder damit verwandten Stoffen denken, die imstande sind, die photographische Platte zu beeinflussen.

Es hat sich übrigens gezeigt, daß auch andere Autoren ähnliche Beobachtungen ungefähr gleichzeitig gemacht haben.

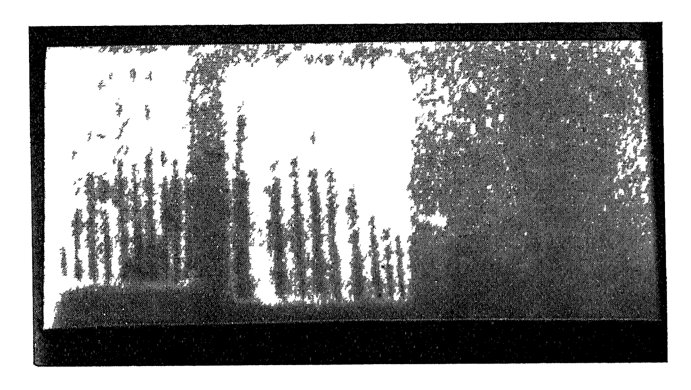


1 2 3 Drei verschiedene Sorten von Lebertran unbeleuchtet
4 5 6 Paraffin, Oliven und Sesamol unbeleuchtet
7 8 9 Paraffin, Oliven und Sesamol in 1 Stunde mit Hohensonne beleuchtet (20 cm Abstand)
10 Derselbe Lebertran wie 3 in 1 Stunde beleuchtet
11 12 Unbeleuchtetes und beleuchtetes Wasser

Die interessanteste Beobachtung, die *Haxthausen* gemacht hat, ist jedoch die am menschlichen Hautfett, wenn es bestrahlt wird. Wenn man das Hautfett mit einem Aethertampon abwascht, das Fett mit Aether extrahiert und das auf einer Schale eindampft, wird man

normalerweise keinerlei Wirkung davon auf der photographischen Platte, oder jedenfalls nur eine ganz geringe Wirkung bekommen. Anders mit Hautfett vom Menschen nach der Bestrahlung, das wirkt dann in ausgesprochener Weise auf die Platte.

Natürlich, es fehlt noch Verschiedenes, bevor wir mit Sicherheit sagen können, daß wirklich zwischen dieser photographischen Wirkung und der antirachitischen ein Zusammenhang besteht, aber man muß doch einräumen, daß Verschiedenes schon dafür spricht, daß ein solcher besteht. Die antirachitische Wirkung des Lichtbades könnte danach auf einer Beeinflussung, also einer chemischen Umbildung, Spaltung oder wie man will, des oberflächlichen Hautfetts beruhen.



Die photographische Wirkung von Holz in 1 Stunde mit ultraviolettem Licht beleuchtet, rechts beleuchtet, links unbeleuchtet.

Damit wird verständlich, daß eine äußerst kurze Bestrahlung ausreicht. Wir nähern uns hierdurch einer Theorie für die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf den Organismus, die von *Pincussen* aufgestellt ist.

Pincussen glaubt, daß die direkte Wirkung der ultravioletten Strahlen im wesentlichen eine für alle Lebensprozesse schädliche ist: fermentative Prozesse werden gehemmt und bei geeigneter Bestrahlung der lebenden Zellen sterben diese. Dabei können jedoch äußerst vorteilhafte Wirkungen für den Organismus zutage treten. Wie wir gesehen haben, kann man die Vermutung haben, daß Spaltungs- und Oxydationsprodukte der Lipoide die wirksamen Stoffe bei der Rachitistherapie sind, und *Pincussen* denkt sich, daß dadurch, daß die Strahlen während des Lichtbades die oberflächlichen Hautzellen töten, Fermente oder ähnliche Stoffe aus diesen Zellen frei werden, Stoffe, die dann in den Organismus aufgenommen werden und diesem zum Vorteil werden können. Ich möchte in dieser Verbindung gleich erwähnen, daß *Pincussen* bei ultravioletter Bestrahlung erhöhten Blutzucker bei Diabetes hat erzielen können und eine erhöhte Harnsäuredekomposition bei Arthritis urica bekam.

Colebrook, *Hill* und *Eidinow* haben neulich gezeigt, daß die bakterizide Kraft im Serum nach einem Lichtbad vorübergehend ansteigt. Diese Wirkung kommt nach Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen aber nicht nach Bestrahlung mit leuchtenden Strahlen allein zustande. Dagegen kann die Wirkung nach Bestrahlung mit ultraroten Strahlen eintreten, wenn

diese nur kräftig genug waren eine Verbrennung der Haut zu machen. Man beobachtet hier denn auch das interessante Phänomen, daß die die Hautzellen *tötenden* Strahlen die wirksamen sind, während die die Hautzellen nicht beschädigenden leuchtenden Strahlen hier ohne Wirkung sind.

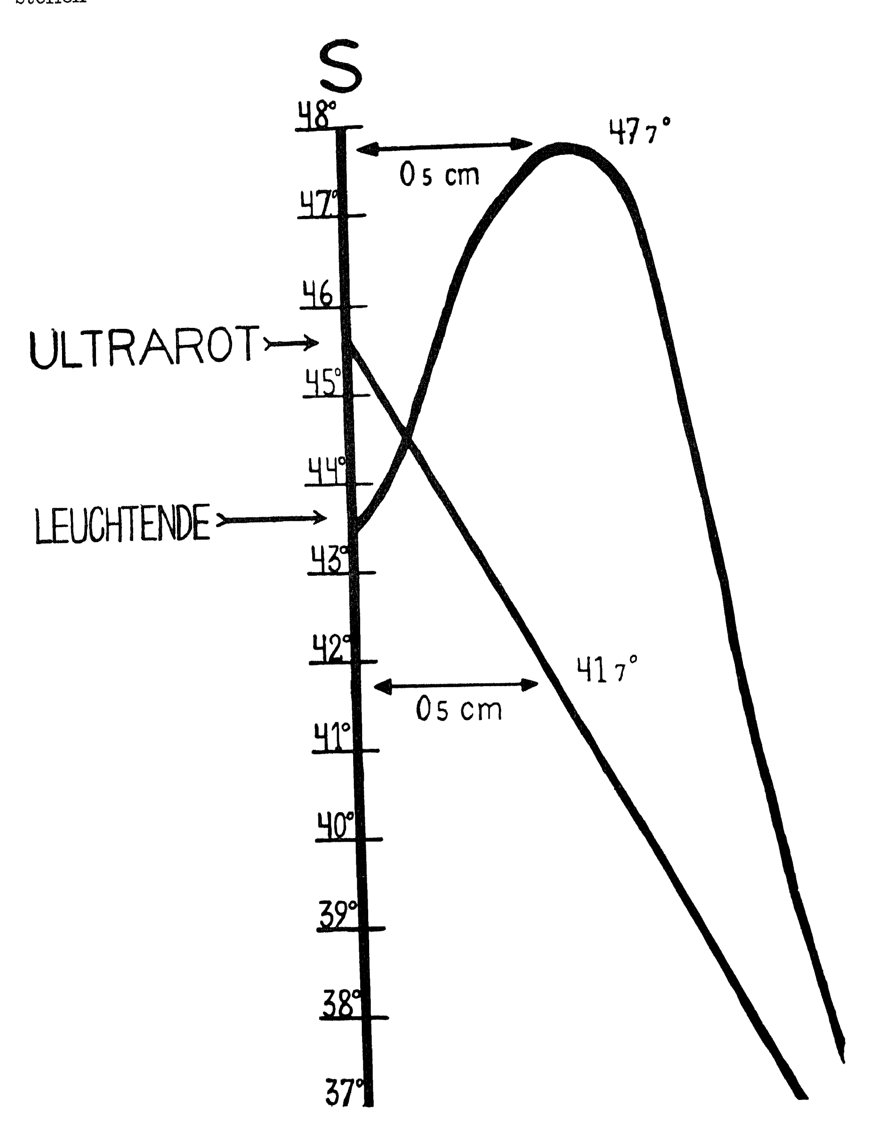
Vorläufig ist die angedeutete Wirkungsart der ultravioletten Strahlen wohl nichts anderes als eine Hypothese, aber es scheint mir, daß wir hier eine Arbeitshypothese haben, die verschiedentlich mehr als die bisher vorgebrachten Theorien verspricht. Aber wie verhält es sich nun mit der Wirkung des Lichtbades bei chirurgischer Tuberkulose? Wie Sie leicht verstehen können, ist diese chronische Krankheit der Experimentierung weit schwerer als die Rachitis zugänglich. Ueber die Wirkungsart des künstlichen Lichtes bei Tuberkulose wissen wir auch noch weniger als über die bei Rachitis.

Hier springt nun ein Umstand sofort in die Augen, nämlich, daß das künstliche Licht, das die meisten ultravioletten Strahlen gibt, das Quecksilberquarzlicht, nach Untersuchungen am *Finsen*'schen Lichtinstitut nicht das wirksamste ist. Das Kohlenbogenlicht, das weit mehr sichtbare Strahlen und weit weniger ultraviolette als das Quecksilberquarzlicht enthält, hat entschieden bessere Wirkung. Unter anderm aus diesem Grunde habe ich mich veranlaßt gefühlt, eine Reihe von Untersuchungen darüber vorzunehmen, welche speziellen Wirkungen auf den Organismus man von den leuchtenden Strahlen allein erwarten kann. Ich kann, denke ich, die besondern eigentümlichen physischen Verhältnisse der leuchtenden Strahlen Ihnen am leichtesten an einem kleinen Beispiel anschaulich machen.

Wenn wir uns eine kräftige aus Eis gemachte Sammel-Linse denken und wenn wir ausschließlich leuchtende Strahlen durch die Linse hindurch gehen lassen, so schmilzt das Eis nicht; die leuchtenden Strahlen gehen glatt durch das klare Eis, ohne hier irgendwie absorbiert zu werden, weshalb auch keine Erwärmung des Eises zustande kommt. Bringt man dagegen in den Brennkörper der Linse einen Gegenstand, der die Lichtstrahlen absorbiert, zum Beispiel schwarzes Papier, so wird das Papier warm und brennt an. Dunkle Wärmestrahlen können durch die Eislinse nicht hindurchgehen, das Eis würde schmelzen und auf die andere Seite des Eises gelangt keine Wärme. Die leuchtenden Wärmestrahlen, die sichtbaren leuchtenden Strahlen sind also, ohne selbst geschwächt zu werden, imstande, ihre Energie, ihre Wärmefähigkeit durch klare Medien glatt hindurchzuführen.

Auf den menschlichen Organismus übertragen will das heißen, daß die leuchtenden Wärmestrahlen durch die verhältnismäßig klaren, oberflächlichen Hautzellen gerade hindurch gehen können und ihre Wärme erst in der tiefer liegenden, blutführenden Schicht abzugeben brauchen, wo die Farbe die Lichtenergie absorbiert und sie zu Wärme umbildet. Ich habe über diese Verhältnisse einige Arbeiten veröffentlicht, in denen ich zeigte, daß die Temperatur bei Beleuchtung der Hautoberfläche mit leuchtenden Strahlen, so stark, wie man sie nur ertragen kann, in den blutführenden Schichten unter der Haut höher wird als auf der Oberfläche der Haut, das ist ganz anders als bei Bestrahlung mit dunklen Wärmestrahlen, diese werden sofort auf der Oberfläche von der Haut absorbiert, weshalb die Temperatur in

diesem Falle hier am hochsten ist und von hier gleichmaßig in die Tiefe abfallt Man kann das schematisch mittels folgender Figur dar stellen



Die Linie S bedeutet die Hautoberflache Bei der starksten noch ertraglichen Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen bekommt man hier eine Temperatur von zirka 43,5 °, wahrend man bei der starksten noch ertraglichen ultraroten Bestrahlung eine Tempeiatur von zirka 45,5 °

bekommt Bei ultraroter Bestrahlung fallt dann die Temperatur in der Tiefe gleichmaßig, bei der andern Bestrahlung steigt sie dagegen zu Beginn an, bis sie in einer Tiefe von zirka 0,5 cm nach einer Berechnung eine Hohe von 47,7 ° erreicht hat, und erst von hier an zu fallen beginnt In den blutfuhrenden Schichten in und unter der Haut konnen wir also durch Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen ohne uns zu verbrennen, eine Temperatur bekommen, die mehrere Grade uber der hochsten jemals gemessenen Fiebertemperatur und ca 6 ° hoher als die Temperatur liegt, die wir in der gleichen Tiefe durch Bestrahlung mit der starksten noch ertraglichen Menge dunkler Warmestrahlen erzielen konnen In Uebereinstimmung hiermit habe ich denn auch gefunden daß die Energiemenge, die man durch Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen in einer Zeiteinheit absorbieren kann, bedeutend großer ist als die, die man durch ultrarote Bestrahlung absorbieren kann

Die Beugeseite des Vorderarms vertragt so eine Bestrahlung von 3 11 Cal pro Quadratzentimeter pro Minute durch sichtbare Strahlen wahrend sie nur 1 33 Cal bei Bestrahlung mit den gewohnlichen ultraroten Strahlen vertragt Zirka 35% der sichtbaren Strahlen werden allerdings von der Haut wieder zuruckgeworfen wahrend von den angewandten dunkeln Warmestrahlen keine zuruckgeworfen werden aber selbst wenn man hier mit rechnet werden Sie gleichwohl sehen daß man ungefahr doppelt soviel Warme bei Bestrahlung mit leuchtenden Strahlen wie bei Bestrahlung mit gewohnlichen Warmestrahlen absorbieren kann Die Strahlenwarme der Sonne die eine vortreffliche Erwarmung des Organismus gibt ist denn auch ganz anders behaglich als die Strahlenwarme eines Kachelofens die die Oberflache der Haut brennt und zusammenzieht und nicht so leicht ein allgemeines Warmegefuhl gibt Wie sie auf dem Diagramm sahen haben die leuchtenden Strahlen also eine spezifische Fahigkeit das Blut in und unter der beleuchteten Haut bis auf einen sehr betrachtlichen Warmegrad zu erwarmen Eine solche Bluterwarmung kann nun vermutlich sehr wohl von großer Bedeutung fur den Organismus sein speziell unter gewissen pathologischen Verhaltnissen Ich habe zeigen konnen daß rasierte weiße Meerschweinchen denen eine sonst todliche Dosis Diphtherietoxin injiziert war das zu uberleben imstande sein konnen wenn sie im Anschluß an die Injektion ein stundliches Lichtbad mit sichtbaren Warmestrahlen bekommen Man darf sich denken daß das auf Destruktion des sehr thermolabilen Toxins durch die absorbierte Lichtwarme beruht Daß auch die Produktion von Antistoffen durch eine solche Erwarmung des Blutes gefordert werden kann muß als zweifellos angesehen werden Die Annahme ist somit verstandlich daß man einem Lichtbad mit sichtbaren Strahlen wirklich eine bedeutende therapeutische Wirkung zuschreiben kann

Was es fur eine Art von Strahlen sind, die gegenuber der chirurgischen Tuberkulose die wirksamen sind, daruber sich mit Sicherheit auszusprechen, ist fur den Augenblick nicht moglich Daß es kaum wie bei der Rachitis die ultravioletten Strahlen allein sein konnen, die hier wirken, habe ich schon gesagt, moglicherweise wirkt hier eine Kombination beider Arten Strahlen Eine sehr wichtige Frage ist in diesem Zusammenhang auch, ob es ein thermolabiles Tuberkeltoxin gibt

Gibt es namlich ein solches das mit dem Blut im tuberkulosen Organismus kreist so wird in Uebereinstimmung mit meinen Diphtherietoxin Versuchen eine erhohte Moglichkeit bestehen die Wirkung des Licht

bades hier mit der Fähigkeit der leuchtenden Strahlen zur Erwärmung des Blutes zu erklären. Man hat bisher ein solches thermolabiles Toxin bei Tuberkulose nicht mit Sicherheit nachweisen können. Deshalb ist jedoch nicht gesagt, daß es ein solches nicht gibt. *Møllgard* hat bei seinen Betrachtungen über die Wirkungsart des Sanocrysins bei Tuberkulose gemeint, mit einem solchen Toxin rechnen zu müssen. Noch ist es jedoch zu früh, einen bestimmten Standpunkt hierin einzunehmen. Man muß die weitern diesbezüglichen Untersuchungen abwarten, die zweifellos schon verschiedentlich im Gang sind und die wir auch letzthin in unserm Laboratorium vorgenommen haben. Ein solches näheres Studium des Tuberkeltoxins wird uns möglicherweise dann für ein besseres Verständnis der Wirkungsart des Lichtbades bei Tuberkulose Mittel in die Hand geben.

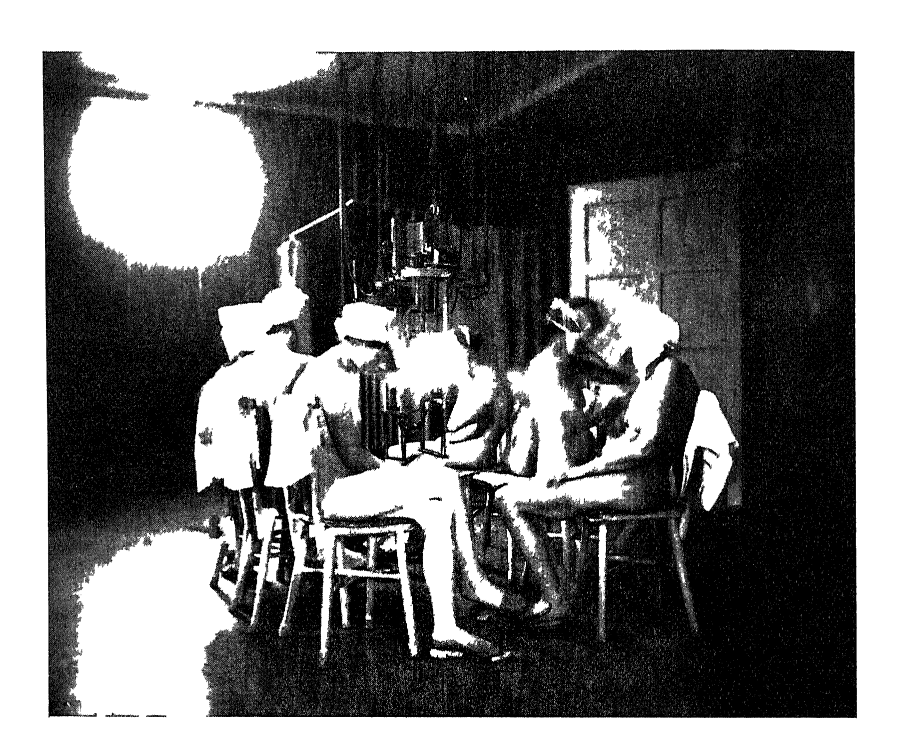
Alles in allem müssen wir somit sagen, daß es noch in keinem Punkt möglich ist, einen wirklich erschöpfenden positiven Bescheid über die Wirkungsart des künstlichen Lichtes bei den Krankheiten zu geben, wo wir faktisch einen therapeutischen Effekt sehen. Aber die Untersuchungen sind ständig im Gange, und man muß denn auch sagen, daß namentlich die Resultate der letzten Jahre uns einen guten Schritt vorwärts gebracht haben.

Zuletzt will ich dazu übergehen, einige Worte zu sprechen über die Behandlungsweise mit künstlichem Licht im führenden Lichtinstitut in Kopenhagen. Im Tiefland, und besonders bei uns in den nördlichen Landen, kann ja nur in sehr geringem und unwesentlichem Grad davon die Rede sein, die Sonne als Lichtquelle in der Heliotherapie zu verwenden, von der mächtigen therapeutischen Bedeutung, die ein geeignetes Klima für die Behandlung mancher Krankheiten hat, müssen wir auch oft absehen. Nichtsdestoweniger werden die Resultate, die wir mit der Heliotherapie erzielen können, doch oft besonders zufriedenstellend sein.

Nach einer langen Reihe von Untersuchungen schlug *Finsen* vor nun gut 30 Jahren vor, das Licht teils durch Linsen konzentriert zur lokalen Behandlung, teils unkonzentriert zur Bestrahlung des ganzen Körpers in Form von Lichtbädern anzuwenden. Es glückte ihm, die erste Form besonders gegenüber Lupus in System zu bringen, aber vor seinem Tode (1904) gelang es ihm nicht, die eigentliche Lichtbadbehandlung durchgeführt zu sehen, und die Anwendung der Sonnenbadbehandlung bei Tuberkulose wurde erst von Dr. Bernhard und etwas später von Dr. *Rollier* in Leysin begonnen. Nachdem Dr. *Reyn* vom Finseninstitut die guten Resultate in Leysin gesehen hatte, nahm er die Behandlung von verschiedenen Formen chirurgischer Tuberkulose bei uns in Dänemark auf. Die Erkenntnis der künstlichen Lichtwirkung gegenüber Rachitis schreibt sich von *Huldschinsky* im Jahre 1920 her. Natürlich wenden wir das Lichtbad nun auch gegen Rachitis und Tetanie an, aber eine nähere Beschreibung der hier erzielten therapeutischen Resultate ist unnötig, da man kurz sagen kann, daß die Wirkung hier so schlagend und so absolut heilend ist, daß weitere Worte hierüber überflüssig sind; die wichtigen theoretischen Erwägungen, zu denen die Lichtwirkung bei diesen Krankheiten Anlaß geben kann, habe ich im Vorhergehenden besprochen.

Wie weit das kunstliche Lichtbad bei der Behandlung von Krankheiten wie Diabetes und Arthritis Bedeutung bekommen kann, darüber haben wir noch nicht so viele Untersuchungen angestellt daß wir uns hierüber aussprechen konnen Ich will mich daher nur an unsere Behandlung von Tuberkulose halten

Die lokale Lichtbehandlung soll nur ganz kurz besprochen werden Bei dieser beleuchtet man einen ganz kleinen Fleck der kranken

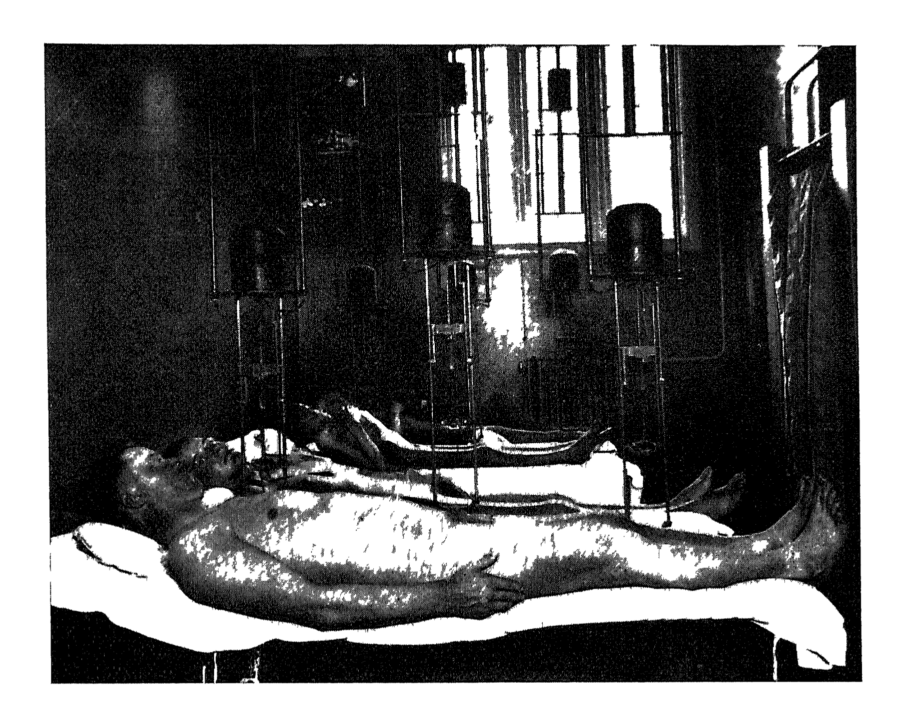


Stelle mit konzentriertem Licht, das so viele kurzwellige Strahlen wie moglich enthalt Die Behandlung beruht namlich hier auf der bakterientotenden und destruierenden Wirkung, wodurch das kranke Gewebe direkt verodet werden kann Als Lichtquelle wenden wir das Kohlenbogenlicht an Besonders bei Lupus, wo die Lichtwirkung im wesentlichen angewendet wird, handelt es sich namlich darum, die Lichtwirkung ziemlich tief in der Haut vor sich gehen zu lassen, weshalb die außersten kurzwelligen Strahlen, an denen zum Beispiel die Quecksilberquarzlampe so reich ist, hier nicht von großerer Bedeutung sind da sie gleich in der Hautoberflache absorbiert werden In der großern Menge starker penetrierender Strahlen hat das Kohlenbogenlicht jedoch das Uebergewicht Das Licht, das vom Krater in der positiven Kohle ausgeht, wird mit einem Konzentrations

apparat, der aus einem System von Quarzlinsen besteht, gesammelt, und der Lichtfleck soll auf die Stelle fallen, die man zu beleuchten wunscht

Man kann hierbei 6 sitzende Kranke gleichzeitig behandeln Konnen die Patienten die sitzende Stellung nicht vertragen, benutzt man 3 Lampen von je 20 Amperes, wie Sie sie hier sehen

Da diese kleinern Lampen geringere Strahlenwarme als die großen von 75 Amperes geben konnen die Patienten hier dichter an



die Lampen heran kommen, so daß die Lichtintensitat in beiden Fallen gleichwohl ziemlich gleich wird Wie Sie wissen, enthalt das Kohlenbogenlicht verhaltnismaßig mehr dunkle Warmestrahlen als das Sonnenlicht und weniger leuchtende Strahlen Es ist die dunkle Warmestrahlung, die beim Kohlenbogenlicht die Grenze bedingt, wie dicht der Patient an die Lampe heran kommen kann So erreicht man, daß die Lichtintensitat beim Kohlenbogenlichtbad selten großer wird als der Kranke sie ertragen kann Bei Sonnenbadbehandlung muß man mit ganz kleinen Dosen beginnen und anfangs nur einen ganz kleinen Teil der Oberflache beleuchten und dann vorsichtig bei den folgenden Sitzungen vorwarts gehen Wie ich durch Bestrahlung rasierter weißer Meerschweinchen gezeigt habe kann eine kraftige Beleuchtung des nicht pigmentierten Organismus mit leuchtenden

Strahlen sehr leicht eine betrachtliche allgemeine Temperatursteigerung infolge der in solchen Fallen in reichem Maße absorbierten Lichtenergie hervorrufen Das ist vermutlich auch der Grund, daß man vor eingetretener Pigmentierung bei der Sonnenbadbehandlung so vorsichtig vorwarts gehen muß Etwas Aehnliches ist bei der Kohlenbogenlichtbehandlung nicht in dem Grad notwendig, wo, wie gesagt die starkere dunkle Warmestrahlung von selbst der Lichtintensitat eine Grenze setzt Vermutlich ist ein wesentlicher Teil der Bedeutung der Pigmentation fur das Sonnenbad in diesen Verhaltnissen zu suchen Hier beim Kohlenbogenlichtbad konnen wir mit einer kraftigen universellen Bestrahlung von zirka 15 Minuten beginnen und im Laufe weniger Tage auf die volle Bestrahlung von 1—2 Stunden jeden Tag oder jeden Uebertag ansteigen Im ubrigen kommt es auch hier allmahlich zu einer sehr schonen Pigmentierung

---

Über Licht und Krankheiten, nebst Bemerkungen zur Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge

Von Prof. Dr. *Walther Hausmann*

I

Die Kenntnis der heilenden Wirkung des Lichtes gehört zum sichern Besitzstande der modernen Medizin.

Im Gegensatz zu der Fülle sichergestellter Erfahrungen auf dem Gebiete der Lichtheilkunde steht nun die Tatsache, daß die genauere Kenntnis lichtbiologischer und lichtpathologischer Prozesse noch viel zu wünschen übrig läßt und daß hierin erst die Arbeit der letzten Jahrzehnte einigen Wandel geschaffen hat.

Wenn ich daher der ehrenvollen Aufforderung des vorbereitenden Komitees dieser Tagung folge und über die Beziehung zwischen Licht und Krankheit berichte, so geschieht dies mit der Einschränkung, daß ich nur versuchen kann, das Bild einer noch wenig ausgebauten Disziplin darzustellen [1]).

* * *

Die Lichterkrankungen des Menschen und der Tiere sind Affektionen, bei denen irgendeine Beziehung zwischen Licht und Erkrankung besteht.

Wir werden zweckmäßig Lichtkrankheiten im engeren Sinne von jenen pathologischen Prozessen unterscheiden, bei denen jahreszeitliche Schwankungen, die vielleicht mit den wechselnden Lichtintensitäten zusammenhängen, beschrieben sind.

Ich möchte gleich an dieser Stelle bemerken, daß bei einigen Lichtkrankheiten, dem Lichte keine unbedingt spezifische Rolle zuzuschreiben ist. Hiervon soll noch gelegentlich die Rede sein.

Die Lichterkrankungen im engeren Sinne

Lichtpathologische Prozesse engeren Sinnes können in zwei Gruppen eingeteilt werden.

---

1) Literatur vgl. u. a. die ausführlicheren Darstellungen des Referenten: Grundzüge der Lichtbiologie und Lichtpathologie. Berlin/Wien 1923. Kap. X sowie Allgemeine Lichtbiologie und Lichtpathologie im Lehrbuch der Strahlentherapie. Bd. I. S. 613. Berlin/Wien 1925.

Bei der ersten Gruppe handelt es sich um Lebewesen normaler Lichtempfindlichkeit, auf die Licht krankmachender Qualität oder Quantität einwirkt.

Die zweite Gruppe von Lichterkrankungen ist jene, bei denen die Bestrahlung innerhalb physiologischer Grenzen liegt, bei denen aber die betroffenen Individuen stärker oder in anderer Weise gegen Licht reagieren als dies sonst der Fall ist.

Unter Umständen können beide Arten von Lichtkrankheiten an einem und demselben Lebewesen zur Beobachtung gelangen, wenn z. B. ein sehr pigmentarmes Individuum der kurzwelligen Strahlung im Hochgebirge ausgesetzt wird.

A. Lichterkrankungen durch an sich krankmachende Belichtung.

In erster Linie sind die als „Sonnenstich" bekannten Krankheitserscheinungen zu erwähnen, auf die an dieser Stelle nur hinzuweisen ist.

Nach den Untersuchungen von *P. Schmidt*[2]), denen sich die Beobachtungen von *Karl Sonne*[3]), sowie von *Leonhard Hill* und *Campbell*[4]) zur Seite stellen, handelt es sich in diesem Falle vornehmlich um die Wirkung der sichtbaren Lichtstrahlen, der sogen. leuchtenden Wärmestrahlen, auf das Zentralnervensystem.

In diese Klasse von Lichterkrankungen gehören ferner die Erkrankungen der Körperoberfläche bei Bestrahlung mit kurzwelligem Lichte. Doch muß hier gesagt werden, daß wir in dem Lichterythem und seinen lokalen Folgen wohl nur den äußerlich merkbaren Effekt dieser Lichtreaktion vor uns haben, ohne damit die oft eingreifende und dauernde Einwirkung auf den Organismus zu erfassen. Denn es ist sicher, daß sich an Belichtung mit biologisch wirksamen Lichtstrahlen, deren direkte Lichtwirkung sich schon in den obersten Schichten der Haut erschöpft, weitgehende und langdauernde Beeinflussungen verschiedener Organfunktionen und Organsysteme anschließen.

Die Reizerscheinungen der menschlichen Haut, die nach Bestrahlung in der Höhe oder mit ultraviolettreichen Lichtquellen auftreten, sind allbekannt und jeder von Ihnen hat diese Lichtreaktionen unzählige Male an sich und an andern ablaufen sehen.

Ich gehe daher auf diese bekannten Tatsachen nicht näher ein. Mit kurzen Worten möchte ich aber von der Strahlenart sprechen, die das photochemische Erythem und seine Begleiterscheinungen hervorrufen.

Es ist ja ganz sicher, daß die entzündungserregende Wirkung der kurzwelligen Lichtstrahlen die der langwelligen bei weitem überwiegt. Nach den Untersuchungen *Widmark*s und *Unna*s, die ihren Höhepunkt in den klassischen Untersuchungen *Finsen*s gefunden haben, ist hieran nicht mehr zu zweifeln.

Trotz alledem scheint mir die Frage nach der Strahlung, die die entzündungserregende Wirkung unter den Bedingungen des Hochgebirges her hervorruft, keineswegs geklärt.

---

[2]) Archiv f. Hyg. 1909. 69. 1.
[3]) Arch. med. skand. 1921. 54. 335.
[4]) The Lancet 1923. 204/1. 746.

Die grundlegenden Untersuchungen *Karl Dorno* s machen es notig dieser Frage naherzutreten Auf diese wichtigen Beobachtungen werde ich in meinen an das Referat anschließenden Bemerkungen kurz eingehen

Dort soll auch davon die Rede sein daß die Kenntnis der biologischen Wirkung eines isolierten Strahlenbezirkes noch keinen unbedingt sicheren Schluß auf die Wirkung desselben Bezirkes in einem Strahlengemenge zulaßt

In die Gruppe der Lichterkrankungen, die durch an sich krank machende Belichtung verursacht werden, gehoren ferner auch eine Reihe von Lichterkrankungen des Auges, wie z B die Schneeblind heit, die Schadigungen der Retina nach intensiver Bestrahlung u a m Hier handelt es sich im wesentlichen um Individuen normaler Lichtempfindlichkeit, die einer krankmachenden Belichtung ausge setzt sind Im ubrigen sind auch Augenaffektionen bekannt, die in das Kapitel der

B *Lichterkrankungen bei gesteigerter Lichtempfindlichkeit*

gehoren

Diese zweite Hauptgruppe der Lichterkrankungen, die bei ge wohnlicher Lichtintensitat auftreten, weil die betreffenden Indivi duen gegen Licht uberempfindlich sind, sollen nun den wesentlichen Gegenstand meiner Erorterungen bilden

Bei einer Reihe von Lichterkrankungen, die auf gesteigerter Lichtempfindlichkeit beruhen, ist die Frage nach der Krankheits ursache als ziemlich geklart zu betrachten Es sind dies die sogenann ten optischen Sensibilisationserkrankungen, die irgendwie durch pho tobiologische Sensibilisatoren hervorgerufen werden

Andere Lichterkrankungen konnen vorlaufig nur als Licht erkrankungen unbekannter Aetiologie bezeichnet werden, doch ist die Hoffnung nicht unbegrundet diese Gruppe von Lichtaffektionen in nicht zu ferner Zeit erheblich einschranken zu konnen

1 *Die optischen Sensibilisationskrankheiten*

Eine Reihe optischer Sensibilisationskrankheiten ist auf die Wirkung photobiologischer Sensibilisatoren zuruckzufuhren

Hermann von Tappeiner und seine Schuler haben zuerst derartige Sensibilisatoren beschrieben die von ihnen als photodynamisch wirksame Substanzen bezeichnet wurden

Diese Korper — es handelt sich um fluoreszierende Farbstoffe — konnen Lebewesen und von Lebewesen produzierte Substanzen gegen Licht empfindlich machen Es gelang tierische und pflanzliche Organismen iso lierte Zellen sowie Fermente, Toxine Antitoxine und ahnliche Korper durch Zusatz fluoreszierender Farbstoffe derartig lichtempfindlich zu machen daß sie bei einer an sich schadlichen Bestrahlung zu Grunde gingen bezw unwirksam wurden

Warmblutler die durch derartige Substanzen lichtempfindlich ge macht sind, erkranken unter typischen Erscheinungen wie dies von *Raab* sowie von *Jodlbauer* und *Busck*[5]) erwiesen wurde

---

5) Arch de pharm et de Therapie 1905 15 269

Als besonders intensiv wirkenden photobiologischen Sensibilisator habe ich vor Jahren das Hamatoporphyrin beschrieben[6]) In den ganz akut verlaufenden Fallen die als ‚Lichtschlag' bezeichnet wurden verfallen die belichteten Tiere nach ganz kurzem Aufregungsstadium in wenigen Minuten in tiefes Koma aus dem sie bei Fortdauer der Belichtung nicht mehr erwachen

In den nicht so sturmisch aber immerhin akut verlaufenden Fallen zeigen die Tiere heftige Reizerscheinungen seitens der Korperoberflache Vom Beginn der Belichtung bis zum Eintritt des Todes vergehen in diesen Fallen in der Regel einige Stunden Die Krankheitserscheinungen sind von dem von *H Pfeiffer*[7]) beobachteten Temperatursturze begleitet

Die subakut und chronisch einhergehenden Falle zeigen Oedeme weiterhin Nekrosen der haarlosen belichteten Partien sowie Haarausfall

Lichterkrankungen des Menschen und der Tiere die auf der Wirkung solcher sensibilisierenden Farbstoffe beruhen konnen wie schon bemerkt als *optische Sensibilisationskrankheiten* bezeichnet werden

a) Exogene Sensibilisationskrankheiten

Als Krankheiten, die auf exogene Sensibilisation zuruckzufuhren sind, demnach *auf von außen zugefuhrten Sensibilisatoren* sind hauptsachlich folgende tierische Affektionen anzufuhren die Buchweizenkrankheit, die Erkrankung der Schafe nach dem Genuß von Hypericum crispum, vermutlich die Kleekrankheit, ferner die Erkrankung der Schweine nach dem Genuß der Farbwurzel Lachnanthes, sowie eine Reihe weiterer tierischer Affektionen, die wahrscheinlich zu dieser Krankheitsgruppe gehoren

Da die herbivoren Tiere photodynamisch wirkende Korper mit der Nahrung in großer Menge zu sich nehmen, so ware eigentlich ein viel haufigeres Vorkommen exogener Sensibilisationskrankheiten zu erwarten Doch werden diese Substanzen offenbar vom Tierkorper entweder nicht in photodynamisch wirksamer Form aufgenommen oder nach der Aufnahme unwirksam gemacht

Von Affektionen des Menschen, die als exogene Sensibilisationserscheinungen zu deuten waren, sind die

medikamentosen Sensibilisationskrankheiten

zu erwahnen

Zunachst die von *Prime*[8]) mitgeteilten Beobachtungen nach Eosingenuß des Menschen die von *Tappeiner* als Lichterkrankung gedeutet wurde Hier kam es zu Ulcerationen an Gesicht und Handen Die Nagel der Hande erkrankten

Sie losten sich von der Peripherie beginnend gegen die Matrix ab und wurden schwarz ahnlich wie dies bei Fallen von Hydroa mit Porphyrinausscheidung beschrieben wird Diese Mitteilungen sind auch von prinzipiellem Interesse weil sie das Bild der experimentell chronischen Sensibilisationskrankheit beim Menschen zeigen und so den Vergleich zu anderen noch fraglichen Sensibilisationskrankheiten ermoglichen

Wahrend des Krieges sind offenbar infolge der Verwendung nicht einwandfreier Praparate mehrfach Beobachtungen gemacht

---

[6]) Biochem Z 1910 30 275 1914 67 309

[7]) Abderhalden Handbuch der biolog Arbeitsmethoden 1923 Abt IV T 7 S 1083

[8]) Vergl Strahlentherapie 1913 2 76

worden, die in dieses Gebiet gehoren So z B mit Carboneol (*Herxheimer* und *Nathan*)[9]), mit Tumenolsalbe (*Fribœs*)[10]) und andere mehr Auch manche Melanosen sind hier zu erwahnen Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß lange bekannte Arzneiexantheme mit derartigen Sensibilisationen zusammenhangen

Daß unter Umstanden auch gewerbliche Lichterkrankungen in die hier besprochenen Affektionen einzubeziehen sind geht aus Beobachtungen von *Lewin*[11]) hervor der bei Arbeitern einer Kabelfabrik die mit einer neuen Pechart arbeiteten zweifellos eine exogene Lichtaffektion gesehen hat

Die eben erwahnten Affektionen gehen mit Erscheinungen einher, die zumindest in den wesentlichen Punkten den experimentellen Sensibilisationen mit fluoreszierenden Farbstoffen entsprechen

Das Auftreten der Krankheiten ist an das Licht gebunden und insofern es sich um Tiere handelt betreffen sie unpigmentierte Tiere oder zumindest unpigmentierte Stellen sonst pigmentierter Individuen

Symptomatologisch etwas abweichend, wenn auch an Erfahrungen bei der Hydroa und bei der *Prime*'schen Erkrankung erinnernd ist das Verhalten von Schweinen die mit der Farbwurzel Lachnanthes gefuttert werden *Darwin*[12]) hat daruber folgendes mitgeteilt

Wyman hatte auf seine an einige Farmer in Florida gerichtete Frage woher es komme daß alle ihre Schweine schwarz seien die Antwort erhalten daß die Schweine die Farbwurzel (Lachnanthes) fressen diese farbe ihre Knochen rosa und mache außer bei den schwarzen Varietaten derselben die Hufe abfallen die Farmer wahlen sogar nur die schwarzen Glieder eines Wurfes zum Aufziehen aus weil sie allein Aussicht auf Gedeihen geben Allen Anschein nach hat es sich auch hier um Sensibilisierung gehandelt und es ist von besonderem Interesse daß eine photodynamische Wirkung bei einem sich offenbar selektiv an das Knochengewebe bindenden Farbstoffe aufgetreten ist

Diese Beobachtung hat neuerdings dadurch an Interesse gewonnen, daß bei einer vielleicht endogenen Sensibilisationskrankheit, der Hydroa, ebenfalls die Bindung einer photodynamischen Substanz, des Porphyrins, an die Knochen beobachtet wurde (Osteohamochromatose), die z B in dem merkwurdigen Falle von *Mackey* und *Garrod*[13]) zu Rosafarbung der Milchzahne fuhrte[14])

b) *Endogene Sensibilisationskrankheiten*

Bisher sind nur sehr wenige endogene Sensibilisationserkrankungen bekannt geworden Krankheiten, bei denen also optische Sensibilisatoren die Lichtempfindlichkeit verursachen, die im Organismus selbst entstehen und nicht von außen zugefuhrt werden Es han

---

[9]) Dermat Zeitschr 1917 24 385

[10]) Ebenda S 641

[11]) Munch med Woch 1913 Nr 28

[12]) Ges Werke Bd 2 J 32 Deutsche Ausgabe Stuttgart 1875

[13]) Quaterly Journ of med 1922 15 Nr 60

[14]) Wie ich aus einer privaten interessanten Mitteilung von Sir *Archibald Garrod* entnehme waren die bleibenden Zahne desselben Individuums nicht mehr gefarbt

delt sich hier um jene Falle aus der Gruppe der Hydroaerkrankungen, die zuerst von *Bazin* im Jahre 1862, spater von *Hutchinson* beob achtet und als Sommerprurigo oder Sommereruption bezeichnet wurde

Seither ist die Kenntnis dieser Krankheitsbilder erheblich er weitert worden sie wurden eingehend beschrieben und klassifiziert so von *Hans Gunther*[15]), der insbesondere den Begriff der Porphyria congenita aufgestellt hat In diesen Fallen werden wie *Hans Fischer*[16]) gezeigt hat, von Hamatoporphyrin verschiedene Porphy rine (Uro und Koproporphyrin) ausgeschieden

Auf die klinischen Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht ein gegangen werden Sicher ist, daß diese Kranken gegen Licht in hohem Maße empfindlich sind, und daß diese Krankheiten zu derartigen Destruktionen fuhren konnen, daß die extremen Falle sogar zur Ver wechslung mit Syphilis, Lupus und Lepra Veranlassung gegeben haben

Hier schien demnach ein klarer Fall von endogener Sensibili sation vorzuliegen Lichtempfindlichkeit ist zweifellos gegeben und die intensivsten Sensibilisatoren, die Porphyrine, sind in vielen Fallen in großer Menge vorhanden Und doch sind gewichtige Einwande moglich Vor allem der Umstand, daß die Hydroakranken gegen die ultravioletten Strahlenbezirke empfindlich sind *(L Freund)*[17]), die experimentelle Sensibilisation mit Porphyrinen jedoch zweifellos Ueberempfindlichkeit im sichtbaren Gebiete des Spektrums ergeben hat

Ich kann an dieser Stelle nicht alles abwagen, was fur und was gegen die Auffassung der Hydroa als optische Sensibilisationskrank heit spricht Doch scheint es mir immer unwahrscheinlich, daß bei einer Krankheit, die mit Lichtempfindlichkeit einhergeht und bei der außerdem der starkste bisher bekannte photobiologische Sensibili sator gebildet und ausgeschieden wird, nicht auch ein integrierender Zusammenhang zwischen Sensibilisator und Lichtaffektion bestehen sollte

Bevor ich noch kurz einige allgemeine Worte uber Sensibilisa tionserkrankungen hinzufuge, sei darauf hingewiesen, daß *Zie linska*[18]) bei einer Regenwurmart, die einen fluoreszierenden Farb stoff produziert, eine Lichterkrankung beschrieben hat Diese Affek tion ist, wie ich glaube, zweifellos als endogene *Sensibilisationskrank heit* aufzufassen

Bei Besprechung der Hydroa wurde darauf hingewiesen, daß die Lichtempfindlichkeit im kurzwelligen Strahlenbezirke nicht mit

---

[15]) Vergl Ergebn der Path 1922 20 I Abt 608

[16]) Vergl z B Munchner med W 1916 Nr 11, 1923 Nr 46 Handbuch d Biochem 2 Aufl 1923 1 351

[17]) Wiener klin W 1912 Nr 5

[18]) Anz der Akad der Wissensch Krakau 1913 Math naturw Klasse S 511

dem Bilde der experimentellen Sensibilisation ubereinstimmt Ich glaube, daß man deshalb die Frage erwagen sollte, ob nicht zum Begriff einer Sensibilisationskrankheit, die durch photobiologische Sensibilisatoren im Sinne *Hermann von Tappeiner* s verursacht werden Empfindlichkeit gegen die Bezirke des sichtbaren Lichtes gehort

Soweit ich es ubersehe, ist es bisher experimentell nicht gelungen durch solche Sensibilisatoren Ueberempfindlichkeit gegen kurzwellige Strahlen zu erzielen

Es sind jedoch Ueberempfindlichkeiten gegen Licht bekannt geworden, bei denen in der Tat langerwellige oder zumindest Glas passierende Strahlen die Krankheitserscheinungen auslosen

Da ist zunachst der beruhmte Fall von Ekzema solare zu erwahnen, den *Veiel*[19]) im Jahre 1887 beschrieben hat Es war eine Dermatitis, die zweifellos mit Belichtung zusammenhing und in die Gruppe der ekzematosen Hauterkrankungen gehorte Bei standigem Aufenthalt im Zimmer war keine wesentliche Eruption zu beobachten, doch war die dem geschlossenen Fenster zugekehrte Seite des Gesichtes stets in einem leichten Reizzustande, der sich durch das Vorhandensein eines papulosen Ekzems kundtat

In letzter Zeit hat *Frei* uber eine interessante lokale urtikarielle Hautreaktion eines Phthisikers auf Sonnenlicht berichtet Die Beobachtungen von *Frei*[20]) die hier in der deutschen Heilstatte in Davos gemacht worden sind ergaben daß es sich allem Anscheine nach um die Wirkung der kurzwelligen sichtbaren oder der langwelligen ultravioletten Anteile handelte

Auch in Fallen von *Dul e*[21]) und von *Ward*[22]) scheint es sich bei ahnlichen Affektionen um dieselben Strahlenbezirke gehandelt zu haben

Deshalb mochte ich glauben, daß diese Falle zu den *Sensibilisationskrankheiten* gehorten

Bei dem Versuche, Lichterkrankungen als optische Sensibilisationserscheinungen zu charakterisieren, wird der chemische und photobiologische Nachweis von Sensibilisatoren in den Ausscheidungen angestrebt

Doch scheint dies bisher nur bei den oben erwahnten Porphyrinen gelungen zu sein

Hierzu ist noch zu bemerken daß zweifellos Sensibilisationen vorliegen konnen und auch wenn der Nachweis des Sensibilisators nicht mehr gelingt Ich konnte z B bei Tieren, denen Hamatoporphyrin verabreicht worden war, und die einige Zeit nach der Injektion im Lichte noch deutliche Erscheinungen von Sensibilisation darboten, weder im Blute noch in der Galle oder im Harn auch nur Spuren von Hamatoporphyrin nachweisen Es kann sich also bei solchen Affektionen sehr wohl um Sensibilisationskrankheiten handeln auch wenn der Nachweis dieser Substanzen nicht ohne weiteres moglich ist

---

19) Vierteljahrsschr f Derm u Syph 1887 S 1113
20) Archiv fur Derm u Syph 1925 149 124
21) Journ of the amer med ass 1923 80 S 1835
22) cit nach Dul e l c

Wie lange solche Sensibilisatoren im Körper zurückgehalten werden, geht aus dem bekannten Selbstversuche von *Meyer Betz*[23]) hervor. Am 14. Oktober 1912 ließ sich *Meyer-Betz* Hämatoporphyrin intravenös injizieren. Anfangs Dezember war Sensibilisation an einem sonnigen Tage in Königsberg noch vorhanden.

Ich halte es aber nicht für ausgeschlossen, daß in diesen Fällen der Tierversuch von einigem Nutzen sein könnte und zu einem positiven Resultat führen kann, wenn andere biologische Reaktionen versagen. So konnte Herr *Shibuya*[4]) vor kurzem in meinem Laboratorium zeigen, daß der porphyrinhaltige Harn eines Hydroakranken eine Maus sensibilisierte, während der Nachweis der sensibilisierenden Wirkung des nativen Harnes bei andern biologischen Objekten nicht zu erbringen war. Auffallend war hiebei, daß dieser Hydroaharn im langwelligen Strahlenbezirke sensibilisierte. Es wird sich übrigens in Hinkunft als nötig erweisen, nicht nur nach Porphyrinen zu fahnden, sondern auch an andere Sensibilisatoren zu denken.

Die Desensibilisation warmblütiger Lebewesen.

Im Anschluß an die eben besprochenen Sensibilisationskrankheiten möchte ich nur kurz die Frage der optischen Desensibilisation streifen.

Dem Studium der Sensibilisation gegen das Licht hat sich in den letzten Jahren die Bestrebung zur Seite gestellt, photographische Platten, ferner lichtempfindliche Lebewesen oder Zellen gegen Licht unempfindlich zu machen.

In der Photochemie ist das Problem der Desensibilisation insbesondere von *Luppo Cramer*[5]) mit größtem Erfolge, wie wir leider konstatieren müssen, mit weit größerem als in der medizinischen Forschung bearbeitet worden.

Busck[26]) hat vor einer Reihe von Jahren im Münchener pharmakologischen Institut gezeigt, daß es gelingt, die photodynamische Wirkung von fluoreszierenden Farbstoffen auf Paramaecien durch Serumzusatz aufzuheben.

Eine zweite Gruppe von Desensibilisatoren für photodynamisch wirksame Substanzen stellen reduzierende Körper verschiedener Konstitution dar.

Sacharoff und *Hans Sachs*[7]) zeigten, daß es gelingt, durch die Gegenwart eines Sauerstoff an sich reißenden Körpers die photodynamische Wirkung des Erythrosins auf rote Blutkörperchen aufzuheben. Wurden rote Blutkörperchen neben Erythrosin auch Natriumsulfit zugegeben, so trat die Haemolyse im Lichte nur bedeutend verzögert, erst dann auf, wenn das in der Lösung befindliche Natriumsulfit schon zu Natriumsulfat oxydiert war.

Es war nun von Interesse zu untersuchen, ob es nicht möglich sei, auch bei Warmblütlern, die gegen Licht empfindlich gemacht

---

[23]) Archiv f. klin. Med. 1913. 112. 476.
[24]) Strahlentherapie 1924. 18. 710.
[5]) Negativ-Entwicklung im hellen Lichte. Leipzig 1922.
[26]) Biochem. Z. 1906. 1. 425.
[7]) Münch. med. W. 1905. Nr. 7.

waren, auf einem der oben beschriebenen Wege zu einer Desensibilisation zu gelangen In einer Reihe von Versuchen, die die Herren *Shibuya* [8]) und *Awoki* [9]) auf meine Veranlassung ausgefuhrt haben, stellte sich zunachst heraus, daß man bei Verabreichung von inaktiviertem menschlichen Serum und von Hamatoporphyrin die akuten Erscheinungen der Sensibilisation bisher nicht aufzuheben vermochte, daß es jedoch in einigen Versuchen einwandfrei gelang, die Gefaß symptome der Sensibilisation aufzuhalten indem bei diesen Tieren nur geringfugige Oedeme und in einigen Fallen auch keine Hyperamie der sich sonst intensiv rotenden Ohren auftraten Zu ahnlichen Erfahrungen ist seither *Lignac*[30]) bei Hamatoporphyrin Mausen gelangt, die mit CaCl vorbehandelt waren

In andern Fallen jedoch verliefen die Sensibilisationserscheinungen beim Serum und beim Kochsalztier nahezu identisch Versuche zur Klarung dieses Gegensatzes sind derzeit im Gange Vielleicht ist die Menge des verabreichten Serums, vielleicht auch sein Tyrosingehalt maßgebend

In weitern Untersuchungen wurde die Wirkung reduzierender Substanzen, sowie verschiedener Kohlenhydrate gepruft Wir haben in beiden Fallen bisher keine befriedigenden Resultate erzielt weil die Giftigkeit der reduzierenden Substanzen und der konzentrierten Zuckerlosung eine zu große war, um Abschwachung zu erreichen

Versuche, in denen wir es unternahmen, zu einer Desensibilisation mittels Narkose zu gelangen, fuhrten zu dem Ergebnis, daß wohl die Reizwirkung, die sich in Kratzen und Beißen außert, aufgehoben wurde, wahrend die Gefaßwirkung unverandert in Erscheinung trat Der Lichttod war nicht aufzuhalten Doch geht aus diesen Versuchen hervor, daß eine Schockwirkung hier nicht vorliegt

Ueberblicken wir die bisher gewonnenen Ergebnisse bei der Desensibilisation warmblutiger Lebewesen gegen die Wirkung sensibilisierender Substanzen, so mussen wir sagen, daß bisher die Erfolge der Desensibilisation in vivo gegen die Desensibilisation in vitro weit zuruckstehen daß jedoch weitere Versuche uber die optische Desensibilisation warmblutiger Organismen dringendst geboten erscheinen

In einem auf der Lupusheilstatte in Wien behandelten Fall von Sommerprurigo konnte ubrigens mit mehrfacher Eigenblutinjektion keinerlei Besserung erzielt werden In diesem Falle konnte im Harn kein Porphyrin nachgewiesen werden noch sensibilisierte der Harn weiße Mause

Die Erorterung der Desensibilisationsfrage macht es auch notig, mit einigen Worten die Frage der Lichtgewohnung bei pathologischen Lichteinflussen zu erwahnen

---

8) l c
29) Biochem Z 1925 158 337
30) Krankheitsforschung 1925 1 177

Durch vielfältige Erfahrung ist zunächst seit *Finsen* festgestellt worden, daß nach Bestrahlung normal lichtempfindlicher Individuen mit einem Lichte entzündungserregender Qualität das lichtbewirkte Pigment vor neuerlicher Bestrahlung zu schützen vermag.

Jesionek hat immer darauf hingewiesen, um wieviel größer die Lichtempfindlichkeit der Hautpartien ist, die unter gewöhnlichen Bedingungen nicht dem Lichte ausgesetzt sind, als die der belichteten, an das Licht gewöhnten Hautpartien.

Zuerst hat, soweit ich die Literatur übersehe, wohl *K. A. Heiberg*[31]) gezeigt, daß neben dem Pigment noch andere Faktoren dazu beitragen, die lichtbehandelte Haut undurchsichtiger und dadurch unempfindlicher zu machen. Zu dieser Auffassung haben sich kürzlich noch die Beobachtungen von *Keller*[32]), *Meyer*[33]) und *Perthes*[34]) gesellt, die, unabhängig von einander, zu der Erkenntnis gelangt sind, daß es eine lichtbewirkte Alteration der Zellen gibt, die ohne Pigmentierung zu einer geringern Lichtempfindlichkeit führt.

Auch bei Lichtaffektionen, die durch abnorme Lichtempfindlichkeit verursacht werden, sind derartige Gewöhnungserscheinungen beobachtet worden, wie z. B. in der schon erwähnten Mitteilung von *Frei* sowie in der Arbeit von *Dukes*.

Doch sind wir nicht berechtigt zu sagen, daß bei lichtpathologischen Prozessen Lichtgewöhnung regelmäßig eintreten müsse. Gerade bei der am besten studierten Lichtaffektion bei der Hydroa hat *Magnus Möller*[35]) gezeigt, daß wiederholte Belichtung erst die Disposition zur Entstehung der typischen Hydroaeruption schaffen kann. Hier würde dann ganz im Gegensatz zu der Lichtgewöhnung eine Lichtüberempfindlichkeit entstehen, ein Verhalten, das an den so oft beobachteten Zusammenhang zwischen Ueberempfindlichkeit und Immunität bei Infektionskrankheiten erinnert.

2. Lichterkrankungen unbekannter Aetiologie.

Bei den bisher genannten Krankheiten ist die Ursache der Lichtempfindlichkeit als annähernd aufgeklärt oder zumindest als erörterungsfähig zu bezeichnen. Doch gibt es noch eine Reihe weiterer Lichtaffektionen, bei denen wir zumindest bisher keine sichern Anhaltspunkte für die Entstehung der Lichtempfindlichkeit besitzen.

Zu diesen Krankheiten glaube ich auch heute noch die *Pellagra* rechnen zu müssen.

Daß der Ausbruch des Pellagraerythems mit der Frühjahrssonne etwas zu tun hat, haben schon die lombardo-venetischen Autoren des 18. Jahrhunderts, unter ihnen in erster Linie *Strambio*, gewußt. Doch sind wir meiner Ansicht nach in der genetischen Erkenntnis dieser Lichtüberempfindlichkeit noch immer nicht viel weiter gekommen.

31) Arch. f. Derm. u. Syph. 1921, 130, 306.
32) Strahlentherapie 17, 197.
33) Klin. W. 1923, S. 1446.
34) M. m. W. 1924, Nr. 38.
35) Der Einfluß des Lichtes auf die Haut im gesunden und krankhaften Zustand. Stuttgart 1900.

Wir mussen jedenfalls daran denken daß die Pellagraerytheme auch an nicht besonnten Korperstellen auftreten konnen und daß die Grenzen des Pellagraerythemes und die des Erythema solare nicht ubereinstimmen

Auch ist auf die immer wieder erwahnten Beobachtungen von *Neußer* hinzuweisen der die Pellagraerytheme bei nackt herumlaufenden Zigeunern scharf begrenzt auf Hande und Fuße beschrankt sah wahrend der ubrige dunkel pigmentierte Korper keine pellagrosen Veranderungen aufwies

Vor einigen Jahren schien es als ware die Pellagra als exogene Sensibilisationskrankheit im oben erwahnten Sinne aufzufassen Hiebei wurde angenommen daß durch den Mais photobiologische Sensibilisatoren in den Korper gebracht werden der dann lichtempfindlich wurde

Sicher ist es daß man Laboratoriumstiere durch Maisgenuß gegen langwellige Lichtstrahlen sensibilisieren kann Ebenso sicher ist es daß die Erscheinungen der Pellagra in keiner Weise mit optischen Sensibilisationserscheinungen am Menschen und an Tieren ubereinstimmen

Ich glaube deshalb noch nicht berechtigt zu sein, die Pellagra aus den Lichtaffektionen unbekannter Aetiologie zu eliminieren, doch kann man vielleicht hoffen, daß die Pellagrafrage mit der Aufklarung der Lichtbeziehung der Avitaminosen ihrer Losung naher gebracht wird

Zu den Lichterkrankungen ist vielfach auch die als *Xeroderma pigmentosum* bezeichnete Hautaffektion gezahlt worden Es hat in der Tat den Anschein, als ware diese Krankheit oder zumindest ihr Beginn an Belichtung gebunden Vor allem entstehen die akuten Entzundungserscheinungen, die den Beginn der Krankheit darstellen bei Kindern, die zum ersten Male ins Freie getragen werden, akut unter den Einwirkungen der Sonnenstrahlen ganz ahnlich, wie dies beim Aufschießen beim Pellagraerythem der Fall ist Die weitere Entwicklung scheint offenbar nicht integrierend mit aktinischen Reizen zusammenzuhangen Doch ist die Beobachtung von Interesse daß die bosartigen Neubildungen, die im Verlaufe des Xeroderma auftreten, den Rontgenkarzinomen ahnlich sind

Sehr nahe dem Xeroderma steht das von *Unna* beschriebene Karzinom der Seemannshaut das bei Personen auftritt, die sich berufsmaßig im Freien aufhalten und jeder Witterung ausgesetzt sind Auch scheint ursachliche Beziehung zum Lichte zu bestehen *Finsen* hatte bei Besprechung der roten Farbe der unbedeckten Haut bei Kutschern und Seeleuten angenommen, daß die Kalte befordernd oder unterstutzend bei der Erscheinung der roten Farbe der Haut wirkte, daß aber im wesentlichen das *Licht* hieran beteiligt sei Im vorliegenden Falle ist wohl Aehnliches anzunehmen

Vielfach sind auch die Beziehungen zwischen der Entstehung des Hautkrebses und dem Lichte angenommen worden

Von Bedeutung erscheint mir auch der Hinweis mancher Autoren auf die relative Immunitat der Neger gegen Hautkrebs zu sein wenn man sich die Erfahrungen uber Buchweizenerkrankungen und ahnliche Erkrankungen vor Augen halt Doch ist in diesem Zusammenhang auf die wichtigen Bebachtungen von *Karl With*[36]) hinzuweisen wonach kongenitale oder anderweitige Hyperpigmentierungen keinen derartigen Lichtschutz verleihen wie durch Belichtung akquiriertes Pigment Bei einem Neger

[36]) Brit Journ of Derm and Syph 1920 32 145

erwies sich die natürliche Pigmentierung als minder kräftiger Lichtschutz als das durch Lichtbäder erworbene Pigment, allerdings würden hier auch die oben erwähnten Gewöhnungserscheinungen der Zellen gegen Licht die unabhängig von der Pigmentierung auftreten sich geltend machen müssen.

Wenn übrigens die Auffassung zu Recht bestünde, daß Hautkarzinome ausgesprochene Lichtbeziehungen haben, so wäre es wohl wahrscheinlich, daß die Bewohner des Hochgebirges mehr von Hautkrebs heimgesucht würden als die der Ebene. Wir würden auch wohl einer Periode gehäuften Hautkrebses entgegengehen oder uns schon in ihr befinden, da seit mehr als einem Dezennium intensive Belichtung beim Sport in allen Höhenlagen, sowie bei therapeutischen Maßnahmen an der Tagesordnung ist.

Hierbei wäre allerdings vorausgesetzt, daß sich die Gewöhnungserscheinungen hier nicht geltend machen würden. Ich möchte noch erwähnen, daß *Oskar Bernhard* in diesem Zusammenhang besonders darauf hingewiesen hat, daß im Gegensatz zu den Erfahrungen über die Seemannshaut bei Personen, die sich im Höhenklima ihres Berufes wegen im Freien aufhalten, Hautkrebse durchaus nicht häufig zu beobachten sind. Er sah bei Wegemachern, Postillionen und ähnlichen Berufskategorien, die allen Unbilden der Witterung und im Winter auch monatelang intensiver Sonnenbestrahlung mit Reflex von Eis und Schnee ausgesetzt sind, nie ein Hautkarzinom des Gesichtes oder der Hände.

Von einer Reihe von Autoren ist der *Lupus erythematodes disc.* als Belichtungsdermatose gedeutet worden. Die Krankheit befällt regelmäßig die unbedeckten peripheren Körperstellen meist oder ausschließlich.

Zu erwähnen ist ferner, daß öfters nach Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne eine Aussaat disseminierter, für Lupus erythematodes charakteristischer Herde beobachtet wurde.

Im Hinblick auf die Erfahrungen *Finsen*'s über die Rotlichtbehandlung der *Variola* [37]) sind noch die Lichtbeziehungen der Variola zu erörtern.

Finsen verlangte, daß die Kranken mit derselben Sorgfalt vor den chemischen Strahlen zu schützen seien, die der Photograph bei seinen Platten und bei seinem lichtempfindlichen Papier anwendet. Ein abschließendes Urteil über die Erfolge der Rotlichttherapie der Variola läßt sich wohl auch heute nicht geben. Vielfach ist die Methode *Finsen*'s als sicher zum Ziele führend geschildert, vielfach ist sie angegriffen, zum Teil gänzlich abgelehnt worden.

Schamberg hat betont, daß die Variola im Sommer einen schwereren Verlauf nehmen müßte als im Winter, wenn die Belichtung von erheblichem Einfluß wäre; dies ist aber nicht der Fall. Ebenso müßten wohl die Neger weniger an Variola leiden als die Angehörigen der weißen Rasse; auch dies trifft nicht zu.

---

[37]) Literatur über diese Frage vergl. die vorzügliche Monographie von *Wurtzen*: Traitement de la variole par la méthode Finsen. Kopenhagen 1917, sowie Ergebn. d. inneren Med. u. Kinderkrankh. 1915, 4, 326.

Hervorheben mochte ich an dieser Stelle die Beobachtungen des Schweizers *J von Rieß*[38]), der nach Anwendung einer Lichtschutz salbe bei erwachsenen Erstgeimpften die Impfnarben stets klein, zart und weiß sah Der Unterschied in der Narbenbildung war bei den lichtgeschutzten Geimpften und den nicht vor dem Lichte geschutzten Geimpften ein erheblicher

Dem Verfasser scheint jedenfalls festzustehen, daß ein Vergleich der Variola mit einer unzweifelhaften Lichterkrankung, wie es etwa die Buchweizenkrankheit ist, nicht durchfuhrbar ist Schwer ver standlich ist es, daß bei einer Affektion, die mit dem Licht in Be ziehung gebracht wird, ganz geringfugige Lichtmengen — im nicht exakt eingerichteten Rotlichtzimmer — von großem Einfluß waren, wahrend die enormen Schwankungen der Lichtintensitat im Ver laufe der Jahreszeiten aber nur von unwesentlicher Bedeutung er scheinen

Es hat fast den Anschein, als waren die starken Widerspruche in der Variola Lichtfrage auf verschiedene Eigenschaften der Erreger bei den einzelnen Epidemien zuruckzufuhren Vielleicht ist bei den Untersuchungen *Finsen*s auch der Umstand in Betracht zu ziehen, daß es sich bei seinen Beobachtungen wohl um besonders pigmentarme Individuen gehandelt haben durfte

So steht bisher in der Beurteilung der Variola in ihrer Bezie hung zum Licht Meinung gegen Meinung Der Wunsch *Finsen's* nach Einsetzung einer Kommission von Pockenarzten und Derma tologen zur Untersuchung seiner Methode ist demnach noch immer zeitgemaß

Die Lichtbeziehungen der *Varizellen*[39]) sind ebenfalls nicht ab schließend zu beurteilen *Rollier* hatte beobachtet, daß die pigmen tierten Kranken verschont blieben, daß ferner bei Patienten die Gipsverbande trugen, Varizellenblasen in den bedeckten Hautstellen auftraten

A Reiche sah keinen Einfluß der kurzwelligen Strahlen *A Sack* glaubte, daß in einem besonderen schweren Fall, eine vorhergehende Behandlung mit kunstlicher Hohensonne die Haut uberempfindlich gemacht hatte

Schließlich sind noch die Beziehungen des Lichtes zur *hamor rhagischen Diathese* zu beruhren Vor Jahren konnte Referent in Gemeinschaft mit *Mayerhofer*[39]) bei 3 Kindern nach Bestrahlung mit einer kunstlichen Hohensonne dahingehende Beobachtungen machen

Trauner[39]) hat bei ubermaßigen Sonnenbadern schwere zum Tode fuhrende hamorrhagische Diathese gesehen Er hat auch aus der neueren Literatur einige Angaben mitgeteilt, die ebenfalls auf eine Beziehung zwischen hamorrhagischer Diathese und Belichtung hin weisen Es war wahrend des Krieges ofters aufgefallen, daß plotzlich

---

[38]) Wiener klin W 1922 Nr 33

[39]) Literatur vergl Literaturhinweis auf Seite 395

Skorbut bei ausgezeichnet genährten Truppenteilen zugleich mit andern Frühjahrsinfektionen auftrat. *Trauner* teilt mit, daß bei einer Skorbutepidemie der Kärntner Hochgebirgsarmee am stärksten die Kriegsgefangenenabteilungen betroffen waren. Es handelte sich um Leute, die meist aus dem Tieflande stammten. Bemerkenswert war es, daß die im Tale beschäftigten Abteilungen fast frei blieben, am schwersten betroffen war eine Abteilung, die 10 Monate im Gebirge, demnach bei intensiver Bestrahlung beschäftigt war.

Trauner hat auch darauf hingewiesen, daß bei der Segelschiffahrt bei Polarexpeditionen, den Hauptgelegenheitsursachen des Skorbuts, ebenfalls mit starker Insolation gerechnet werden kann.

Aehnliche Beobachtungen scheinen auch an andern Stellen gemacht worden zu sein.

Beobachtungen über Lungenblutung nach starker Sonnenbestrahlung sind schon seit vielen Jahren beschrieben worden.

So hat der Vater des Verfassers, *R. Hausmann* (Meran), die Lungenphthisen, die zu Haemoptoe neigten, stets vor starker Besonnung gewarnt.

H. Godde beobachtete Lungenblutungen nach Belichtungen zugleich mit hochfieberhaften Herdreaktionen. *E. Weidinger* sah ebenfalls bei Lungenphthise tödliche Lungenblutung im Anschlusse an Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne.

Schließlich ist noch die *Malaria* in ihrer Lichtbeziehung zu erwähnen, denn es ist wohl sicher, daß latente Malaria durch Bestrahlung manifest werden kann, doch wird derselbe Erfolg ja durch sehr viele andere Reize ebenfalls erzielt. Es handelt sich also um eine ganz unspezifische Lichtwirkung.

Hingegen scheint mir ein Zusammenhang zwischen Bestrahlung und Schwarzwasserfieber, an den ja auch gedacht wurde, nicht zuzutreffen.

Rachitis.

Wir haben bisher Affektionen besprochen, die insofern etwas mit Licht zu tun hatten, als sie durch das Licht hervorgerufen oder zumindest in ihrer Entstehung beeinflußt werden.

Im Gegensatz hiezu ist nun noch die Lichtbeziehung der Rachitis zu erwähnen, die mir in gewissem Sinne wie ein Spiegelbild des bisher Erwähnten erscheint. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß wir nun die Rachitis als eine Krankheit auffassen können, bei der sich der Organismus gegen Lichtmangel empfindlicher verhält, als dies gewöhnlich der Fall ist. Vielleicht könnte man auch sagen, daß diese Individuen gegen den Lichtmangel sensibilisiert sind.

Ich kann an dieser Stelle auf diese ganze Frage nur kurz hinweisen. Sicher scheint mir zu sein, daß der Lichtmangel ceteris paribus die Entstehung der Rachitis beeinflußt, wie *Oskar Bernhard* dies in seinen Beobachtungen am Julierpasse eindringlich gezeigt hat. Sicher ist es auch, daß das Licht die Rachitis günstig beeinflussen kann,

wie dies aus den bekannten experimentell klinischen Erfahrungen von *Huldschinsky*[40]) sowie der grundlegenden Arbeiten von *Heß*[41]) mit seinen Mitarbeitern, *Eckstein* u. a. bei der Lichtbehandlung der experimentellen Rattenrachitis hervorgeht.

Die Ultraviolettherapie der Rachitis ist in jüngster Zeit auch durch die Stoffwechseluntersuchungen von *A. Heß* und von *St. Rothman* und *Callenberg*[42]) dem Verständnis etwas näher gerückt worden. Zweifellos wird nach diesen Arbeiten der Kalk- und Phosphorstoffwechsel durch Bestrahlung wesentlich und nicht nur vorübergehend beeinflußt. Es liegt nahe, hierin wenigstens eine der kausalen Grundlagen dieser Therapie zu vermuten.

An dieser Stelle ist auch darauf hinzuweisen, daß allem Anscheine nach das Licht, sei es nun Lichtmangel oder Lichtüberfluß, bei den ganzen Krankheitsgruppen der Avitaminosen irgend etwas zu tun hat. Die vielfachen Einflüsse der Belichtung auf den intermediären Stoffwechsel, die uns die grundlegenden Arbeiten von *Pincussen* und seinen Mitarbeitern kennen gelehrt haben, ebenso die Beobachtungen von *Heß* und von *Rothman* über die Lichtbeeinflussung des Mineralstoffwechsels lassen derartige Beziehungen sehr wahrscheinlich erscheinen. Vielleicht wird es in kurzem möglich sein, die schon seit Jahrhunderten gemachten Beobachtungen über die Lichtwirkung bei der Pellagra und bei verwandten Affektionen im Sinne einer Lichtbeziehung der Avitaminosen aufzufassen. Ich glaube, daß es in absehbarer Zeit denkbar sein wird, sich ein Bild über den Zusammenhang von Avitaminosen und Licht — Lichtmangel und Lichtüberfluß — zu machen und den Kreis der Lichterkrankungen unbekannter Aetiologie weiter einzuschränken. Ich glaube aber nicht, daß wir schon heute imstande sind, die Lichtbeziehung der Avitaminosen einigermaßen überblickend abzuhandeln.

Die Lichterkrankungen im weitern Sinne.

In den einleitenden Zeilen dieser Darlegungen habe ich bemerkt, daß man bei den Beziehungen zwischen Licht und Krankheit auch auf die jahrzeitlichen Schwankungen bedacht sein müsse, die bei einer Reihe von Krankheiten bestehen. Ich kann auf diese Zusammenhänge nur kurz hinweisen und ganz Vereinzeltes herausgreifen.[43])

So hat *Bettmann*, der von den Untersuchungen *Moro's* über den „Frühjahrsgipfel" der Tetanie ausging, über derartige Schwankungen bei Hautkrankheiten berichtet. Er hat z. B. in einzelnen Fällen von Psoriasis, Ekzemen sowie bei Lichen ruber planus deutliche Verschlimmerung des Leidens im Frühjahr beobachtet. Inwie

[40]) Vergl. Z. f. d. ges. phys. Ther. 1923. 27. 132.
[41]) Vergl. z. B. Lancet 1922. 203. II. 3 und Journ. of the American M. Ass. 1925. 84. 1033.
[42]) Klin. W. 1923. Nr. 37.
[43]) Vergl. Literaturangaben Seite 395.

ferne das Licht bei diesen und ähnlichen Beobachtungen eine Rolle spielt, ist noch nicht bekannt, ebenso bei der nach *Hamburger* im Frühjahr erhöhten Tuberkulinempfindlichkeit.

Von besonderem Interesse sind auch die Beobachtungen des bekannten Rachitisforschers *Alfred F. Heß* und seiner Mitarbeiter über jahrzeitliche Schwankungen der Blutphosphate, die anfangs März ihren tiefsten Stand erreichten.

Der Lichttod.

Zum Schluß bitte ich, noch einige Worte über den Lichttod sagen zu dürfen.

Der Lichttod kann durch sämtliche Strahlen des sichtbaren Spektrums sowie durch ultrarote, wie durch ultraviolette Strahlung verursacht werden. Keinerlei Spezies von Lebewesen, die durch photobiologische Sensibilisatoren lichtempfindlich gemacht sind, scheint gegen die Abtötung durch Licht geschützt zu sein. Vorausgesetzt ist hierbei geringe Pigmentierung des Integumentes.

Handelt es sich jedoch um Abtötung nicht sensibilisierter Lebewesen durch Lichtstrahlen, so wird die Möglichkeit des Lichttodes durch die Größe und die Hautbeschaffenheit der betreffenden Spezies weitgehend beeinflußt.

Soweit ich es überblicken kann, ist — abgesehen vom Sonnenstich und verwandten Affektionen — der akute Lichttod unter natürlichen Bedingungen häufig bei Buchweizentieren beobachtet worden.

Auch der reine Lichttod des sensibilisierten Menschen kann nach den überaus bedrohlichen Erscheinungen, die *Friedrich Meyer-Betz*[44]) im Selbstversuche bei Sensibilisation mit Hämatoporphyrin dargeboten hat, als sicher möglich angenommen werden.

So sehen wir denn, wie das große Heilmittel Licht nicht nur krank machen, sondern auch töten kann. Doch steht hier das Licht keineswegs vereinzelt da, denn sehr viel Reize physikalischer oder chemischer Natur, die heilende Wirkungen entfalten, vermögen unter entsprechenden Bedingungen schwerste Schädigung und auch den Tod der betroffenen Lebewesen herbeizuführen.

II.

Bemerkungen zur Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge.

Im Anschluß an das Referat über „Licht und Krankheiten“ sei es gestattet, einige Bemerkungen über die Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge vorzubringen.

Die grundlegenden Forschungen *Dorno*'s über die ungemein großen Schwankungen der ultravioletten Strahlung im Hochgebirge

[44]) l. c.

in den verschiedenen Jahreszeiten machen es sehr wunschenswert, den Befunden *Dorno*'s *fortlaufende* Untersuchungen uber die Erythem erzeugende und pigmentierende Wirkung des Lichtes in den verschiedenen Jahreszeiten zur Seite zu stellen

Derartige Untersuchungen, die bei einer und derselben Versuchsperson an symmetrischen Korperstellen ausgefuhrt werden mußten, werden sich naturlich nur bei Personen machen lassen, deren Korper in der Regel keinen Lichtstrahlen ausgesetzt ist Hierbei ware vorteilhaft, die Wirkung ungefilterten Sonnenlichtes mit der Wirkung glasgefilterter Sonnenstrahlung zu vergleichen, die durch das Glas etwa bei 313 $\mu\mu$ abgeschnitten, bei 320 $\mu\mu$ geschwacht wurde, wie dies in Versuchen von *Jungling* der Fall war Es ware die Starke des entstandenen Erythems und der Pigmentierung, ferner Zeitpunkt des Auftretens und des Vergehens festzuhalten In derartigen Versuchen konnte auch die Zeit bestimmt werden bis zu welcher die von *Finsen* entdeckte „Irritabilitat“ der Hautgefaße nachweisbar ist

Aus außern Grunden konnte ich nur einen vereinzelten, ahnlichen Versuch im August 1923 auf der Stolzalpe bei Murau in einer Hohe von 1200 m u M beginnen Noch uber 9 Monate war nach einstundiger Bestrahlung am Abdomen noch Pigmentierung angedeutet — Solche Versuche waren hier in Davos, bei der vorbildlichen Vereinigung physikalischer und biologischer Forschung leichter auszufuhren als anderswo uberhaupt Abgesehen von diesen Versuchen konnten vergleichende Bestimmungen auch an Erythrozyten angestellt werden, ganz ahnlich, wie dies Herr *Bang* mit Bakterien empfohlen hat

Es ist ja besonders seit *Hasselbalch* bekannt, daß kurzwellige Strahlen hamolysieren In einigen orientierenden Versuchen habe ich mich davon uberzeugt, daß die Sonnenstrahlung schon in weit geringern Hohen als in Davos zu hamolysieren vermag Nur muß die Blutkorperchenemulsion sehr verdunnt und die Beobachtung mindestens auf 12 Stunden nach dem Aufhoren der Bestrahlung ausgedehnt werden Man kann sich hierbei auch der von mir angegebenen Blutagarplatten vielleicht in der *Bang*'schen Versuchsanordnung bedienen Auch hier mußten ungefilterte oder quarzpassierende Strahlen mit glasgefilterten verglichen werden

Bei Verwendung roter Blutkorperchen ist auch die Moglichkeit gegeben, die biologische Wirksamkeit der verschiedenen Strahlenbezirke des sichtbaren Spektrums in den verschiedenen Jahreszeiten zu vergleichen, wenn photodynamische Substanzen zugesetzt werden, deren Wirkungsgebiet in den einzelnen Spektralbezirken genau bekannt ist

Zum Schluß mochte ich nachdrucklich darauf hinweisen, daß die Kenntnis der biologischen Wirkung isolierter Spektralbezirke noch keinen unbedingt bindenden Schluß darauf zulaßt, wie sich dieselben Bezirke in Strahlengemischen verhalten, da antagonistische Wir

kungen verschiedener Strahlenbereiche bekannt sind*), ebenso wie Beeinflussungen biologischer Strahleneffekte durch andere Lichtstrahlen anzunehmen sind. Auch aus diesem Grunde scheinen mir die oben angedeuteten Versuche erforderlich zu sein.

---

*) *Anmerkung.* Zuerst hat wohl *E. Hertel*[45]) gezeigt, daß beleuchtete chlorophyllkörperhaltige Infusorien bei kurzwelliger Bestrahlung weniger rasch eingehen, als wenn die Bestrahlung im Dunkeln erfolgt.

Herr und Frau *Henry*[46]) fanden, daß die Verlangsamung der Protoplasmabewegung durch kurzwellige Strahlen eine geringere war, wenn zur selben Zeit mit sichtbarem Lichte bestrahlt wurde. *Heß*[46]) und seine Mitarbeiter sahen, daß die Wirkung der sichtbaren Strahlen die Heilwirkung ultravioletter Strahlen bei der Rachitis aufhebt.

Leonhard Hill[46]) wies kürzlich darauf hin, daß die immobilisierende Wirkung kurzwelliger Strahlen auf Infusorien bei Anwesenheit roten Lichtes wesentlich beeinträchtigt sein kann. *Harris*[46]) hat schließlich gesehen, daß die von ihm beobachtete Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels durch kurzwellige Strahlen ebenfalls durch langwellige Lichtstrahlung herabgesetzt werden kann. Allerdings hat kürzlich *Leonhard Hill* sowohl seine eigenen Beobachtungen ebenso wie die von *Harris* als nicht stichhaltig erklärt.

---

[45]) Zeitschr. f. allgem. Phys. 1904, 1905.
[46]) Cit. nach *D. T. Harris*, Proz. of the roy. soz. 1925. B. Vol. 98, 171.

Heliotherapie bei chirurgischen Leiden

Von Dr. *O. Bernhard*, St. Moritz

Die direkte Sonnenbestrahlung, die Heliotherapie, welche schon den Alten bekannt war und speziell bei den klassischen Völkern der Hygiene und Körperkultur, den Griechen und Römern, eine große Rolle gespielt hatte, war während beinahe anderthalb Jahrtausenden aus dem Heilschatze ausgeschieden gewesen. Erst in jüngerer Zeit, das heißt in den letzten 150 Jahren hörte man von schüchternen Versuchen, die mit direkter Heliotherapie gemacht wurden.

So berichtet im Jahre 1845 der Zürcher Klimatologe und Balneologe *Meier Ahrens* in der Schweizerischen Zeitschrift für Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe unter dem Titel „Kurze Mitteilung über das Klima des Davoser Tales im Kanton Graubünden, dessen Heilsamkeit gegen Skrofulosis und die von Dr. *Ruedi* gegründete Anstalt zur Heilung skrofulöser Krankheitsformen", daß *Ruedi*, damaliger Landschaftsarzt, nie bei dort geborenen Kindern, wohl aber bei Kindern von Davosern, die im Ausland geboren und in die Heimat zurückgebracht worden waren, die Skrofulosis in jeder Form zu beobachten hinreichende Gelegenheit hatte, und daß er dann in Fällen von allgemein und sehr weit vorgeschrittener Skrofelkrankheit die merkwürdigsten Naturheilungen in unglaublich kurzer Zeit sah, und zwar in allen Stadien und Formen bloß unter dem Einflusse der Veränderung und Verbesserung klimatischer und diätetischer Verhältnisse. „So kamen Kinder", schreibt *Ruedi*, „die im eigentlichen Sinne in Pflaster gewickelt oder solche, die nur Kopf und Bauch waren, oder solche, die blind und lahm waren, oder solche, die an Phthisis in verschiedenem Grade litten. Von allen ist nichts übrig als Narben." Solche Fälle bewogen Dr. *Ruedi* anno 1841 eine Anstalt zur Pflege und Heilung von 16—20 skrofulösen Kindern in 5—6 Zimmern zu errichten. *Ruedis* therapeutische Maßnahmen waren: Strenge, aber gemischte Diät, wobei als Hauptnahrungsmittel die Milch fungierte, Genuß der freien Luft, Sorge für Reinlichkeit, besonders für Reinhaltung der Haut durch Bäder. Die schwächsten Kinder ließ er hinaustragen und ihren Tagesschlaf in freier Luft halten, wobei er sie bloß durch Bedecken mit einem weißen Tuche vor den Sonnenstrahlen schützte. „Ein Jahr machte aus diesen Kindern gleichsam andere Menschen, zwei, drei Jahre haben jede Spur von Kranksein verwischt." Mangel an finanziellen Kräften einerseits, *Ruedis* ausgebreitete Praxis andererseits waren schuld, daß diese Anstalt einging und bald vergessen wurde. Dieser, wie *Meier Ahrens* ihn beschreibt, „erfahrene, höchst bescheidene, anspruchslose, schon jahrelang im stillen ohne allen Pomp Gutes wirkende Landarzt" hatte also schon vor 80 Jahren versucht, Tuberkulose mit dem Hochgebirgsklima zu heilen. Es ist interessant festzustellen, daß der *Lungenkurort* Davos als Kurort eigentlich mit der *chirurgischen Tuberkulose* debütiert hat.

Die eigentliche Wiedergeburt erlebte die Heliotherapie aber erst vor ca. 25 Jahren, und wiederum im Hochgebirge Graubündens, im damaligen kleinen Oberengadiner Kreisspital in Samaden 1750 m ü. M.

Im Jahre 1902 wurde von mir das starke Licht der Berge als einer der wichtigsten therapeutischen Faktoren des Hochgebirgsklimas in die Therapie eingeführt.

Gestützt auf die Erfahrung, daß seit uralten Zeiten der Graubündner Bergbauer frisches Fleisch durch Aussetzen in Luft und Sonne konserviert, und angeregt durch die Arbeiten und Erfolge *Finsens*, kam ich auf den Gedanken, neben der reinen austrocknenden Höhenluft, welche ich schon jahrelang vorher nicht nur zur Behandlung der Lungentuberkulose (Liegeluftkur), sondern auch zur Behandlung der chirurgischen Tuberkulose mit bestem Erfolge benutzt hatte, noch die *direkte* Anwendung der bakteriziden und anregenden Wirkung der an ultravioletten Strahlen so reichen *Höhensonne* an die bisherige Therapie der Tuberkulose und speziell der chirurgischen anzuschließen.

Den äußeren Anlaß dazu hatte mir eine große, schlecht granulierende und stark sezernierende Wunde, die aller Behandlung trotzte, gegeben. Der Erfolg war schon nach wenigen Bestrahlungen ein solcher, daß ich mich entschloß, die direkte Sonnenlichtbehandlung dann auf Wunden aller Art, worunter hauptsächlich solcher tuberkulöser Natur, anzuwenden. Letztere reagierten auf die Bestrahlung so günstig, daß bald auch Fälle von *geschlossener* chirurgischer Tuberkulose an die Reihe kamen.

Auf Grund meiner Publikationen und ermuntert durch meine im Engadin mit dieser Methode erzielten überraschenden Erfolge hat dann im Jahre 1904 *Rollier* in Leysin in den Waadtländer Alpen, 1300 m ü. M., eine Klinik zur ausschließlichen Behandlung der chirurgischen Tuberkulose durch Heliotherapie eröffnet.

Hatte man nun auch schon früher und an verschiedenen Orten das Sonnenlicht speziell für chirurgische Zwecke, z. B. zur Heilung von Wunden und zur Behandlung der chirurgischen Tuberkulose herbeigezogen, so war es bisher doch nur in einem engen bescheidenen Rahmen geschehen, und diese Therapie hatte kein weiteres Echo gefunden. Erst die mit der Heliotherapie im Hochgebirge Graubündens und des Waadtlandes erzielten schönen und augenfälligen Erfolge haben die ärztliche Welt so recht auf diese Heilmethode aufmerksam gemacht und zu deren Verbreitung beigetragen. Man darf ruhig sagen, daß die Heliotherapie aus den Bergen in die Ebene heruntergestiegen ist. Sie hat dann auch der *Lichttherapie überhaupt*, speziell aber in der Chirurgie und bei der Behandlung der *Tuberkulose* zum Siege verholfen.

Die Indikationen für die Heliotherapie chirurgischer Affektionen und Leiden möchte ich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Wunden:
   a) rein traumatische, wo man von vornherein auf eine prima reunio verzichten muß (Schußverletzungen, Riß- und Quetschwunden usw.),
   b) auf Zirkulationsstörungen oder trophischen Nervenstörungen beruhende (Ulcera cruris, Mal perforant du pied),
   c) Brand- und Frostwunden, Wunden infolge von Verätzung, Röntgenverbrennungen,
   d) Wunden durch Infektion (Phlegmonen, Panaritien, Furunkel, Karbunkel, Bubonen, jauchige und sonst langwierige Abszesse wie perityphlitische, Mastitiden, Fisteln nach Empyemen usw.).
2. Osteomyelitis.

3 Knochenbruche
4 Syphilitische Geschwure, welche trotz spezifischer Behandlung wenig Heilungstendenz zeigen
5 Hautkarzinome
6 Das große Gebiet der chirurgischen Tuberkulose
7 Rachitis

1 *Wunden* Die Sonnenlichtbehandlung zeigt sich da am wirksamsten, wo es sich um eine mangelhafte Energie, um eine *Atonie* in der Wundheilung handelt, sei es infolge allgemeiner Schwache des verwundeten Individuums oder infolge schlechter lokaler Ernahrungsverhaltnisse vaskularen oder nervosen Ursprungs dann nach schweren Infektionen oder nach intensiven physikalischen (Quetschungen, Verbrennungen, Erfrierungen) und chemischen (Veratzungen) Schadigungen des Gewebes Hier ist die Sonne das beste und naturlichste Reizmittel, um die Tatigkeit der schwer geschadigten Zellen wieder anzuregen und den Heilungsprozeß zu beleben, wahrend sie anderseits krankhafte Zellen worunter auch wucherndes Granulationsgewebe zu verstehen ist, schadigt resp in Schranken halt

a) *Schuß- Riß und Quetschwunden* Hier ist mir oft aufgefallen wie unter dem belebenden Einfluß des Sonnenlichtes scheinbar ganz zerstortes Gewebe sich wieder erholt hat wie die Grenze des vermeintlich Toten sich viel weiter nach der Peripherie verschob al man jeweils zu hoffen gewagt hatte, und wie bald nach Abstoßung der nekrotischen Partien durch eine gesunde, kraftige Granulationsbildung bei geringer Eiterung die Restitution sich einstellte Oefters konnten namentlich an Handen und Fußen, ganz schwer verletzte Teile von denen man anfanglich glauben mußte, sie seien der Amputation verfallen, dank der Sonne erhalten werden

Die Wunden werden entbloßt und entweder im Freien auf der Veranda, oder sonst im Krankenzimmer am offenen Fenster bis zu mehreren Stunden taglich, allmahlich mit der Expositionszeit steigend, der Sonne ausgesetzt und an bedeckten Tagen auch nur der Luft, bezw dem diffusen Tageslicht Wenn es notig wird, werden sie durch einen dunnen Mullschleier gegen Staub oder Fliegen geschutzt, sonst aber ganz bloß gelassen Ich wende die Sonne als solche an, ohne Konzentrierung der chemischen Lichtstrahlen und ohne Filtration der Warmestrahlen nach *Finsen* denn ich will alle Komponenten der Sonne, chemische Wirkung, Licht und Warme ausnutzen Ich besonne zum erstenmal die Wunden 15—20 Minuten lang, je nach ihrer Ausdehnung, um jeden folgenden Tag, je nach der Toleranz um 10 bis 20 Minuten zu steigen bis zu 3—6 Stunden

Ich halte viel auf eine langdauernde Bestrahlung und Luftaussetzung der Wunden, und da es sich hier in den meisten Fallen nur um eine lokale Besonnung handelt brauchen wir mit der Steigerung in der Dosierung nicht so angstlich zu sein wie beim Vollsonnenbad Nach der Besonnung bleiben die Wunden der Luft ausgesetzt

Die Wunden werden unter dem Sonnenbad bald rein und trocken, die Granulationen kleinkörniger und frischer, ja selbst stark sezernierender Geschwüre und Wundhöhlen, welche sonst einen mehrmaligen Verbandwechsel am Tage erheischen, ohne daß es gelingt, das eitrige Sekret von der Wunde vollständig zu entfernen, trocknen auf diese Weise in kurzer Zeit aus. Auffallend ist auch, wie bei übelriechenden Wunden das Sekret bald geruchlos wird und einer „secretio bona et laudabilis“ Platz macht. Die Wundfläche schwitzt ein klares Serum aus (Selbstwaschung der Wunde), das zu einer glänzenden, feinem Pergament ähnlichen, fibrinartigen Haut eintrocknet, welche gewöhnlich 24—32 Stunden hält.

Interessant ist auch, wie sich tiefe Taschen und Höhlenwunden, ebenfalls nach Ausfließen von klarer Lymphe, durch rasches Eintrocknen derselben und Verkleben bald schließen, was eine Drainage in der Mehrzahl der Fälle überflüssig macht.

Neben dieser energischen Sanierung der Wunden übt das Sonnenlicht auch eine große *schmerzstillende* Wirkung aus.

Mitunter findet eine eigentümliche Verhärtung des Ueberzuges statt. Er bekommt ein hornartiges, dickem, altem Pergament gleichendes Aussehen, so daß die Patienten oft ohne weiteren Verband sich in den Kleidern bewegen können. Infolge einer solchen übermäßigen Austrocknung verzögert sich die Heilung der Wunde und die Verkleinerung derselben macht dann nur geringe oder keine Fortschritte. So muß der Fibrinschorf an verschiedenen Stellen gelüftet werden, um die Wunde wieder „arbeiten“ zu machen. Dies ist die einzige und gewiß nicht hoch anzurechnende Unannehmlichkeit, welche wir bei unserer Methode erlebt haben.

Conrad Brunner, der sich sehr früh mit Interesse der Heliotherapie der Wunden angenommen hatte, faßt den Heilungsvorgang als eine Heilung unter dem Schorfe unter günstigen Bedingungen auf und sagt: das Sekret trocknet bei der starken Verdunstung rasch ein und unter der schützenden Decke des Schorfes schiebt sich der Epithelsaum über die schrumpfende Granulationsfläche hinweg.

Andere Chirurgen, welche ebenfalls das Sonnenlicht zur Wundbehandlung anwenden, weichen diese Schorfe jeweilen mit Borwasser oder Wasserstoffsuperoxyd auf, wieder andere empfehlen, über Nacht einen feuchten Umschlag aufzulegen, was mir nicht einleuchtet und auch überflüssig erscheint. Ich verstehe nicht, daß man am Tage die Trockenwirkung erzielen will, um sie in der Nacht durch Anwendung von Feuchtigkeit wieder aufzuheben.

Ueber Nacht, oder zu Zeiten, wo die Wunden nicht der Sonne ausgesetzt werden, bedecke ich sie mit einer aseptischen Gazekompresse, die ich mit Heftpflasterstreifen oder einigen Bindetouren befestige, oder ich schütze sie mit eigens dazu konstruierten Drahtkorben von verschiedener Größe gegen die Reibung von Bett und Kleidern.

Ich lasse ein feines Drahtgewebe auf Drahtröhren von mehr oder weniger großem Kaliber, je nach der Größe des Korbes, annähen. Am

Drahtrohrung werden Oesen angebracht zum Durchziehen von Bandern zur Befestigung des Korbes Außer diesen Drahtl orben verwende ich auch und namentlich bei großen Kriegswunden oder auch wenn ich großere Fleischwunden durch einen gefensterten Gipsverband ruhigstelle Draht gestelle und wiederum bei den Gipsverbanden der offenen Knochenbruche Drahtbogen (Bruckengipsverband) Daruber kommt wie schon oben er wahnt zum Schutze der Wunde gegen Staub oder Fliegenplage was bei uns wahrend des langen Winters naturlich ganz wegfallt ein dunner Mull schleier Empfehlenswerte Schutzvorrichtungen fur die Wunden bei der Sonnenlicht und offenen Wundbehandlung sind auch der von *Hartel* an gegebene Drahtschmetterling der Dachpappenring nach *Krug* und die Ver bandringe von *Lorcher* Ich verweise hieruber auf die betreffenden Publi kationen

Solange Wunden und Fisteln noch stark sezernieren, was zwar bei der Sonnenlichtbehandlung gewohnlich nicht lange dauert, wird uber Nacht eine entsprechend dicke Schicht steriler Gazekompressen aufgelegt

Vom *Lister* schen Okklusivverband, im engern Sinne, bin ich bei eiternden oder jauchigen Wunden ganz abgekommen Warum sollen wir das Sekret infizierter Wunden in dicken Verbanden zu Pfutzen aufstauen, damit es sich wie in Brutkammern unter verstarkter Bak terienentwicklung zersetze Wir leisten hier mit der Sonnen Luft-Be handlung entschieden Besseres Hingegen sollen wir uns aber auch huten, zu weit zu gehen und diese offene Wundbehandlung auch auf Operationswunden oder sonst auf frische, nicht infizierte Wunden auszudehnen Solche befinden sich nach wie vor besser unter dem Ok klusivverbande

Fur die Patienten kann auch der Vorteil des selteneren Ver bandswechsels nicht genug eingeschatzt werden, namentlich in psy chischer Hinsicht, da dadurch viel Schmerz und Angst vor Schmer-zen wegfallen Fur sie oder den Fiskus kommt noch die große Er sparnis in Verbandsmaterial in Betracht

Sekundare Infektionen habe ich bei dieser Methode nie gesehen, wir wissen ja daß intakte Granulationen dem Eindringen von Faul-niserregern, also von Spaltpilzen usw , in den Organismus einen we sentlichen, sehr bedeutenden Widerstand entgegensetzen Ein genaues Beobachten der Wunden und ein sorgfaltiges von richtigem chirur gischem Denken geleitetes Vorgehen ist aber auch bei der Sonnen-lichtbehandlung von Wunden Bedingung

Von großem Werte ist diese Sonnenlichtbehandlung bei solchen granulierenden Wunden (z B Brandwunden, Ulcera cruris), wo noch Epithelinseln da und dort ubrig geblieben sind welche, wenn die Wunde feucht bleibt und stark sezerniert, meistens mazeriert und weggeschwemmt werden Daß die Erhaltung solcher Hautinseln fur die Heilung der Wunde von großem Wert ist braucht nicht erst ge-sagt zu werden

Eine merkwurdige Erscheinung bei dieser Behandlung ist, daß auf granulierenden Wunden wo man keine Spur mehr von Epithel sah nach einigen Tagen sich plotzlich da und dort ein kleines In-selchen zeigte Es scheint, daß kleinste, ubriggebliebene, unsichtbare

Epithelpartikelchen durch die Sonne wieder belebt und zur Tätigkeit angeregt worden sind. Bei großen Schleimhautwunden, die ich besonnt habe, z. B. bei alten Geschwüren am Muttermunde (mittels Cusco-Specula) habe ich auch den Eindruck gewonnen, daß Epithelzellen aus der Nachbarschaft zuweilen in die Wunde angeschwemmt werden, dort bei der Eintrocknung unter der Sonne haften bleiben und dann wachsen. Nur so kann ich mir die Erscheinung erklären, daß auf einmal mitten in einem großen, alten Geschwür eine oder mehrere Epithelinseln sich auftun; an eine Umwandlung von Granulationen in Epithel wird heute wohl niemand mehr glauben.

Durch die Experimente von *Unna*, *Möller*, *Grund* u. a. wissen wir, daß das Licht einen großen wachstumfördernden Einfluß auf die Horngebilde, Nägel, Haare und Epidermis, ausübt. Diese Hyperplasie der Epidermis unter dem Lichteinfluß zeigt sich auch in einer kräftigeren Epithelisierung der Wunden, welche in den meisten Fällen, ja auch in solchen, wo man geradezu versucht gewesen wäre zu transplantieren, zu einer guten elastischen Vernarbung ohne Narbenkontraktur führt, namentlich wenn man während der Heilung noch durch orthopädische Maßnahmen (Streckung usw.) einer solchen vorzubeugen strebte. So zeigte sich z. B. bei einem Falle von Bursitis olecrani septica mit großem Hautdefekt und ebenfalls bei einem solchen über der Patella infolge von Trauma keine Spur von Kontraktur, trotzdem sie hier sehr zu befürchten war; auch blieben Kontrakturen öfter bei schweren Brandwunden am Halse oder in der Nähe von Gelenken aus.

Ich habe immer wieder den Eindruck, daß sich unter der Besonnung der von den Wundrändern ausgehende Epidermissaum schneller verbreitet als sonst, auch ist er kräftiger und von intensiverem bläulich violettem Kolorit. Dasselbe konstatierte auch *Goldammer*, indem er schreibt: „Bei alten Wunden sind nach zwei oder drei Sitzungen die schwammigen Granulationen verschwunden, und geradezu mit dem Zentimetermaß von Tag zu Tag meßbar, schiebt sich von allen Seiten das Epithel vor.“

Diese Anregung der Epidermisierung durch das Sonnenlicht unterstützt auch sehr die *Hauttransplantationen*, sei es bei der *Reverdin*schen Epidermispfropfung, bei den Transplantationen von Hautlamellen nach *Thiersch* oder von Lappen der ganzen Haut nach *Krause*. Stets zeigt sich ein rasches, inniges Ankleben der transplantierten Hautstücke an die trockene, granulierende Wundfläche und lebhaftes Sprießen von Epithelzellen von den Transplantaten aus.

Die Wirkung der Besonnung auf die Wunden ist aufzufassen als eine direkte aktinische Schädigung der Mikroorganismen und ihrer Toxine, als eine ebenfalls auf aktinischem Einfluß beruhende Anregung der Epithelisierung, als eine wahrscheinlich auch den chemischen Strahlen zukommende analgetische Wirkung, sodann als eine durch aktive Hyperämie bedingte Besserung der lokalen Ernährungsverhältnisse, die sich in zahlreichen gesunden Granulationen kundgibt, und als eine infolge Austrocknung und somit Verschlechterung

des Nährbodens indirekt bakterienschädigende Wirkung. Ferner dürften durch die von der strahlenden Wärme erzeugte tiefgehende Hyperämie den Heilungsprozeß günstig beeinflussenden Stoffe des Serums angehäuft werden.

Unterstützt wird diese Sonnenwundbehandlung bei uns noch besonders durch die trockene Luft des Hochgebirges.

Im letzten Weltkrieg wurde die Sonnenlichtbehandlung der Wunden wieder intensiv aufgenommen. Ich selbst habe im Auftrag des Sanitätsamts des Badischen Armeekorps im Bad Dürrheim (Bad. Schwarzwald 720 m ü. M.) im Jahre 1915 eine Sonnenheilanstalt für verwundete und kranke Krieger eingerichtet. Die Erfolge daselbst waren sowohl bei der Behandlung von Wunden mit schlechter Heiltendenz als bei der chirurgischen Tuberkulose vorzüglich. An die erste Anstalt schlossen sich noch andere Militär-Sonnenlazarette auf dem Dürrheimschen Hochplateau an und in der Folge kamen zu dieser Spezialbehandlung Verwundete und Kranke aus der ganzen deutschen Armee dorthin. Instinktiv fühlten die Patienten die Wohltat der Sonne und sie drängten sich an jeden Sonnenstrahl. Lebenslust und Wille zum Gesundwerden erstarkten und es zeigte sich bei diesen Sonnenpatienten, wenn sie auch noch so schwere Wunden aufwiesen, eine viel bessere psychische Verfassung, als man sie bei ungefähr gleichschwer Verletzten in den gewöhnlichen Lazaretten und in den Spitälern beobachten konnte.

b) *Varikose Geschwüre und solche trophoneurotischer Natur.* Die Sonnenlichtbehandlung gibt speziell beim Ulcus cruris und beim chronischen Ekzem infolge von Varizen gute Resultate. Unter ihrem Einfluß werden die lokalen Ernährungsverhältnisse gebessert, die infolge von Stauung entstandene, chronisch seröse Infiltration der Haut geht zurück, durch Verminderung der Schmerzen und des Juckreizes fällt das schädliche Kratzen weg und das Ekzem verschwindet allmählich. Tiefgreifende Ulcera werden unter der Sonne von ihrem schmierigen Belag gereinigt, verlieren ihren torpiden Charakter, schöne Granulationen sprossen hervor, die Kallositäten der Ränder flachen sich ab und die Geschwüre überhäuten sich schneller als bei jeder andern Methode. Daß die Sonnenbehandlung unter der üblichen Hochlagerung des Beines stattfindet und durch Anlegung elastischer Binden unterstützt wird, ist selbstverständlich. Dieselbe gute Wirkung der Sonnenbestrahlung sah ich auch bei jenen tiefgehenden Geschwüren an der Fußsohle oder den Zehen bei Tabes, dem „Mal perforant du pied", und ebenso bei Druckgeschwüren infolge schwerer Nervenverletzungen.

c) *Verbrennungen, Erfrierungen, Verätzungen und Röntgenverbrennungen.* Bei großen und eiternden Wunden nach einer Verbrennung II. oder III. Grades oder nach Verätzungen durch Säuren und Alkalien ist die Sonnenbehandlung meistens von großem Segen. Die Wundflächen reinigen sich bald durch Abstoßung des nekrotischen Gewebes und bedecken sich mit einem feinen Fibrinhäutchen, das sie unempfindlich macht. Der für die Patienten so peinliche Verbandwechsel fällt größtenteils weg. Unter der Eintrocknung bleiben da und dort noch Epithelinselchen erhalten, die, unterstützt von kräftig wachsendem Epithelsaum, den die Wundränder liefern, eine verhalt-

nismäßig rasche Ueberhäutung und eine gute, weiche und elastische Vernarbung besorgen.

Auch bei den so gefürchteten Röntgenverbrennungen habe ich bisweilen sehr gute Erfolge gehabt. Es gelang der Sonne, allerdings erst nach wochenlanger Anwendung, den Schaden, den die Röntgenstrahlen verursacht hatten, wieder gutzumachen. Bei schweren Zerstörungen durch Röntgenstrahlen versagt aber auch die Heliotherapie meistens. Ihre Reizwirkung vermag in dem zerstörten Gewebe keine Heiltendenz mehr hervorzurufen. Es ist, als ob die Röntgenstrahlen mit jeglicher Vitalität in dem von ihnen betroffenen Gebiet gründlich aufgeräumt hätten.

d) *Wunden durch Infektion.* Bei Wunden durch Infektion ist die Heliotherapie ein vorzügliches postoperatives Hilfsmittel, welches den Heilungsprozeß sehr abkürzt. Gangränöse Partien bei Phlegmonen und Karbunkeln stoßen sich leichter und rascher als sonst ab, die Höhlen und Krater füllen sich bald mit guten Granulationen aus. Große, jauchige perityphlitische und enorme subphrenische Abszesse, ferner langwierige Mastitiden, deren Inzisionswunden und Fisteln einfach nicht versiegen wollten, habe ich merkwürdig rasch unter der Einwirkung der Sonne ausheilen sehen. Die Sekretion nimmt sofort nach den ersten Bestrahlungen ab, das Sekret bessert sich, und bald zeigen sich schöne, gesunde Granulationen. Aeußerst übelriechende Wunden verlieren früh, oft nach 1—2 Tagen, ihren Geruch, namentlich frappant zeigt sich dies bei durch Bacterium coli commune erzeugten Infektionen.

2. *Osteomyelitis.* Bei der akuten eitrigen Osteomyelitis habe ich einige zweifellos diagnostizierte Fälle unter lokaler und allgemeiner Insolation mit gleichzeitiger Immobilisation ausheilen sehen, ohne daß es zu einer Operation kam. Dies sind aber Ausnahmen. Gewöhnlich benutze ich das Sonnenlicht post operationem. Da hat es sich stets als ein die Heilung sehr förderndes Hilfsmittel erwiesen. Ich lasse die Sonne ausgiebig in die eröffnete Markhöhle hineinscheinen.

In den letzten Jahren hatte ich öfters Gelegenheit, Patienten mit multiplen Lokalisationen chronischer, purulenter Osteomyelitis zu behandeln, welche infolge ihrer Krankheit und vielfacher chirurgischer Eingriffe sehr heruntergekommen waren. Manche derselben, meistens waren es Knaben, machten den Eindruck von Patienten, die an multipler chirurgischer Tuberkulose leiden, hätten nicht die mikroskopische Untersuchung und der Tierversuch die Osteomyelitis zweifellos festgestellt. Auch hier zeigte sich die Sonnenbehandlung sehr nützlich. Tiefgehende Fisteln versiegten allmählich und schlossen sich, neue Herde in der Markhöhle traten selten mehr auf, und Aufmeißelungen oder Knochenpunktionen wurden weniger notwendig. Meistens ging ich nur dann auf den Herd los, wenn er in der Epiphyse und in Gelenknähe saß. Hin und wieder mußten noch periostale Abszesse geöffnet werden. Ich bekam den Eindruck, daß die Lokalisationen resp. die Eiterherde oberflächlicher wurden, d. h. mehr

periostalen Charakter annahmen Samtliche Patienten haben ihre chronische Septicamie uberwunden und sind ausgeheilt Seren werden keine angewandt Einige solcher Falle habe ich gegenwartig noch in Behandlung

3 *Knochenbruche* Bei schwer heilenden Knochenbruchen ubt das Sonnenlicht auf die Callusbildung einen fordernden Einfluß aus Damit durfte auch die Beobachtung franzosischer Militararzte ubereinstimmen, daß Verwundete mit Knochenbruchen, welche in den Ecken der Baracken gelegen hatten wo die Sonne nicht hinkam, bedeutend langsamer heilten als solche, deren Betten der Sonne ausgesetzt waren Speziell gunstig im Sinne der Callusbildung erwies sich mir die Besonnung von komplizierten Frakturen, wobei ich die Knochenwunde direkt bestrahle Hier wirkt die Sonne außer durch Anregung der Callusbildung auch gunstig auf die Wundheilung als solche

4 *Syphilitische Geschwure* Bei torpiden syphilitischen Geschwuren, welche trotz vorausgegangener oder gleichzeitiger spezifischer Behandlung eine geringe Heilungstendenz zeigen wende ich immer als ein die Heilung unterstutzendes Mittel auch die Sonnenbehandlung an Meistens saubern sich die schmierigen Wundflachen bald die Infiltration der Geschwurrander geht zuruck, die Rander werden flacher und beginnen einen Epithelsaum zu bilden, worauf sich die Wunde allmahlich uberhautet Am schonsten sieht man diese auffallende Besserung an den sonst so langwierigen und hartnackigen, zerfallenen und verschwarten Gummen des Unterschenkels mit ihren, oft wie mit einem Locheisen herausgeschlagenen, tiefen Geschwuren

5 *Hautkarzinome* Wenn wir von Karzinomen und deren Behandlung mit Sonnenlicht sprechen, so kann es sich naturlich nur um Epitheliome der Haut handeln, und jedenfalls kann man, wenn man von einer blutigen Operation absehen will, durch Anwendung von Rontgenstrahlen und anderer starker Lichtquellen oder von Substanzen von großer aktinischer Potenz einen schnellern Erfolg erzielen Ich personlich bin bei der Therapie der Karzinome ein absoluter Anhanger des Messers und wende die Sonnenbehandlung nur als eine unterstutzende *nach* der Operation an Ich habe ofters nach Operationen von Haut und Mammakarzinomen die offene Wundflache oder auch das durch die Naht geschlossene Operationsgebiet nachtraglich intensiv der Sonne ausgesetzt, und den Eindruck gewonnen, daß dadurch Rezidive verhutet werden Es ist sicher nicht von der Hand zu weisen, daß die Sonne imstande sei, zuruckgebliebene Krebsnester zu zerstoren So fand *Hochenegg* daß nach energischer Sonnenkur die fur die Disposition zur Karzinose charakteristische *Freund*'sche Reaktion verschwindet

Heilungen von Hautkarzinomen rein nur durch Sonnenlicht verzeichnen *Hirschberg* (Frankfurt) bei welchem durch einen Aufenthalt in Caux nur unter dem Einfluß der Sonne ein Epitheliom am

eigenen Ohr abheilte und *Widmer* (Zofingen) welcher bei einer 80 jährigen Frau ein Karzinom am Handrücken und bei einem 73jährigen Mann ein solches an der Nase heilen sah. Im letztern Falle war vom pathologischen Anatomen *Langhans* (Bern) an einem Probeexzisionspräparat die Diagnose auf Plattenepithelkrebs zweifellos festgestellt worden.

6. *Chirurgische Tuberkulose.* Die größten Triumphe feiert die Sonnenlichtbehandlung bei der chirurgischen Tuberkulose namentlich im Hochgebirge, unterstützt auch durch dessen andere klimatische Faktoren.

Die chirurgische Tuberkulose ist heute *das* Gebiet der Sonnenlichtbehandlung. Sie ist der frühern radikal operativen Therapie zum größten Teil entzogen und der Domäne des Klimatotherapeuten und Orthopäden eingereiht worden. Es hatte lange Zeit gedauert, bis die Erkenntnis sich Bahn gebrochen hatte, daß die Tuberkulose, wenn sie sich auch häufig nur in einzelnen Lokalisationen sichtbar macht, ein *allgemeines Leiden* ist. Die Therapie der Tuberkulose, in welchem Organ sie sich auch zeigen mag, darf daher nie nur allein auf das lokale Leiden gerichtet sein, sondern sie muß zu gleicher Zeit eine allgemeine und roborierende des tuberkulösen Individuums sein. In diesem Sinne habe ich schon vor bald 40 Jahren die klimatisch-diätetische Behandlung, welche sich schon viele Jahre lang bei der Lungentuberkulose so außerordentlich gut bewährt hatte, auch für die übrige Tuberkulose gefordert.

Nachdem ich die Freiluftkur bei der chirurgischen Tuberkulose fast zwei Dezennien mit bestem Erfolg durchgeführt hatte, habe ich dann im Jahre 1902, wie früher bemerkt, dieser klimatisch-diätetischen Therapie noch als weiteres Heilagens die direkte Besonnung beigefügt. Diese Behandlung ist bald Allgemeingut geworden dank der überraschenden und unerwarteten Erfolge.

Die Wirkung der Freiluft- und Sonnenkur auf die chirurgische Tuberkulose ist sowohl eine allgemeine als eine örtliche. Die Gesundung des Körpers und die Heilung der Herde gehen neben einander vor sich. Auffallend ist oft die rasche Aenderung des Allgemeinbefindens und die bedeutende Gewichtszunahme. Bei fiebernden Patienten, namentlich bei solchen mit Mischinfektionen, tritt fast ausnahmslos bald eine totale *Entfieberung* ein, die dann dauernden Normaltemperaturen Platz macht. Sehr bald zeigt sich auch die *analgesierende* Wirkung der Insolation, die Schmerzen hören auf, die Patienten kommen zur Ruhe. Der leidende Ausdruck verschwindet und weicht einem gesunden, frischen und fröhlichen. Nach einigen Monaten sind Kinder, die fast zum Skelett abgemagert, mit greisenhaftem Ausdruck, leidendem Blick, welker, schlaffer hangender Haut und dabei oft mit infolge von Atonie der Darmmuskulatur unmäßig aufgetriebenem Bauch zur Behandlung kamen, kaum mehr zu erkennen. Die schon gebräunte Haut hat ihren gesunden Turgor wieder erhalten und der Körper durch Fettansatz und Kräftigung

der Muskulatur seine normale Form wieder angenommen. Man sieht ganz überraschende Gewichtszunahmen und hat wieder frische vergnügte und gesunde Kinder vor sich. Aber auch bei Erwachsenen, selbst bei alten Leuten, sieht man ganz auffällige Veränderungen im Allgemeinbefinden in verhältnismäßig kurzer Zeit, natürlich aber gewöhnlich nicht so augenfällig wie bei dem leicht reagierenden kindlichen Organismus. Hand in Hand damit geht die Besserung und Heilung der Lokalleiden.

Knochen- und andere Fisteln versiegen oft nach spontaner Elimination von Sequestern. Die erkrankten Gelenke zeigen wieder normale Konturen und öfters auch vollständige Wiederkehr ihrer normalen Funktion.

Entsprechend der lokalen und allgemeinen Anwendung des Sonnenlichts haben wir es auch mit lokalen und allgemeinen Wirkungen zu tun, und dabei kommen sowohl die Wärme- als die chemischen Strahlen in Betracht. Die lokale Wirkung des Lichts dürfte sich folgendermaßen äußern:

Bei den oberflächlichen Formen und der offenen mit Wunden und Fisteln einhergehenden chirurgischen Tuberkulose wirkt das Licht aktinisch wahrscheinlich direkt bakterizid und thermisch durch Austrocknung indirekt bakterienschädigend. Ferner regt es ebenfalls durch aktinischen und wahrscheinlich auch durch thermischen Einfluß die Epithelisierung der Wunden und Geschwüre an. Sodann dürfte die von der strahlenden Wärme erzeugte tiefgehende Hyperämie, ähnlich wie die *Bier*sche Stauung, durch Anhäufung von günstig wirkenden Stoffen des Blutserums den Heilungsprozeß beeinflussen.

Für tieferliegende Herde, namentlich für die geschlossene Tuberkulose, kommt hauptsächlich eine aktinisch erzeugte reaktive Entzündung am Krankheitsherde in Betracht, welche die pathologischen Zellen zerstört und zu einer starken Bindegewebsneubildung führt.

Hier ist eine Erklärung schwieriger. Es gibt manche Fragen, die noch der Lösung harren. Es würde zu weit führen, auf alle diesbezüglich schon aufgestellten Theorien einzugehen. Die wissenschaftliche Begründung der Heliotherapie ist ja erst im Werden begriffen; einstweilen müssen wir uns in der Hauptsache noch mit den klinischen Beweisen begnügen.

Zu den letzteren gehört auch noch folgende sehr wichtige Feststellung, nämlich daß wir bei der Sonnenlichtbehandlung nur ausnahmsweise die sonst so gefürchteten *Rezidive* sehen und daß es sich bei den Heilungen gewöhnlich um *dauernde* handelt. Ein Wiederaufflackern der Krankheit an der einmal ausgeheilten Stelle oder das Auftreten neuer Herde ist selten. Luft und Sonne haben den Organismus nicht nur gestärkt und mit Schutzkräften für einen erfolgreichen Kampf gegen die Krankheitserreger versehen, sondern ihn auch noch bei diesem Siege durch Bildung von Immunstoffen für die Zukunft gewappnet.

Von meinen ersten 1000 mit Heliotherapie behandelten Fällen von chirurgischer Tuberkulose sind geheilt *858* wurden gebessert *120* blieben ungebessert 14, starben 8, gleich 0,8% Von den ungebesserten starben später noch 6 infolge ihrer Tuberkulose Mortalität inklusive Spätmortalität 14, das ist 1½%

Während den ersten 10 Jahren Heliotherapie habe ich mich auf die lokale Bestrahlung der Krankheitsherde beschränkt, außer in Fällen von zahlreichen disseminierten Herden, wo ich selbstverständlich gleich von Anfang an das Vollsonnenbad anwendete

Das kranke Organ, bezw die betreffende Region allein wurde entblößt, während der übrige Körper je nach der Lufttemperatur mit einem mehr oder weniger warmen Hemd oder mit einem luftigen Morgenanzug bekleidet oder mit Decken bedeckt wurde Den Kopf schützen sich die Kranken durch große, leichte, weiße Hüte aus Stoff oder durch Sonnenschirme, die am Bett oder Liegestuhle festgemacht werden, und die Augen durch dunkelgelbe Schutzbrillen, die ähnlich den Autobrillen so gewölbt sind, daß auch die seitlich ins Auge fallenden Lichtstrahlen möglichst abgehalten werden

Nach dem psycho physischen Gesetz ist die Unterschiedsempfindlichkeit um so geringer, je höher die bestehende Einwirkung bereits ist, oder, um ein alltägliches Beispiel zu geben, der Gewinn oder Verlust eines bestimmten Betrages macht einen um so geringern Eindruck je mehr die betreffende Person schon besitzt Die Wirkung auf den Krankheitsherd als solchen, und sei derselbe auch die Äußerung eines Allgemeinleidens ist demnach bei der lokalen Besonnung eine intensivere als beim Vollsonnenbad Dieser Leitsatz blieb für mich maßgebend

Da ich mit der Zeit immer mehr die Einsicht gewann, daß bei der Heliotherapie die Pigmentbildung eine sehr wichtige Rolle spiele, und gestützt auf die bekannten Versuche von *Schläpfer* bin ich dann auch zum Vollsonnenbad übergegangen *Schläpfer*[1]) leistete den experimentellen Nachweis, daß das Blut bei der Belichtung Lichtenergie aufnimmt, die es im Dunkeln wieder an die photographische Platte abzugeben vermag, also photoaktiv wird, wobei der Schluß nicht fern liegt, daß das Blut diese aufgenommene Energie im Innern des Organismus wieder an die Organe abgeben und so vielleicht einen Einfluß auf Funktionen tiefer liegender Organe und deren pathologische Prozesse ausüben könne

Gewöhnlich beginne ich, meinem alten Grundsatz treu bleibend, mit der Lokalbehandlung des Krankheitsherdes oder eines Hauptherdes, um durch das Licht vorerst reizend und entzündungserregend einzuwirken, und gehe dann später allmählich zur allgemeinen Bestrahlung über um möglichst viel Pigment zu erzeugen und dem Blut möglichst viel Strahlenenergie zuzuführen

[1]) Später hat *Schläpfer* allerdings seine Versuche wiederholt und ist zu andern Schlüssen gekommen (laut Mitteilung von Prof *Staehelin* Basel anläßlich der Diskussion)

Meine Erfahrungen mit der Behandlung der chirurgischen Tuberkulose stutzen sich auf uber 1500 Falle, welche das ganze Gebiet derselben betreffen

1 Hauttuberkulose
2 Tuberkulose der Lymphdrusen
3 Tuberkulose der Knochen und Gelenke
4 Urogenitaltuberkulose
5 Peritonitis tuberkulosa
6 Darmtuberkulose
7 Multiple Lokalisationen

Hauttuberkulose Bei *Lupus* kann ich sehr schone Erfolge verzeichnen, dabei ist aber zu bemerken, was zwar auch erklarlich ist, daß Falle von Lupus exulcerans schneller und besser heilen als solche von Lupus hypertrophicus oder Lupus exfoliativus

Sehr schone Resultate habe ich mit der Insolation bei Fallen von ausgedehntem ulzerosen *Skrophuloderma* gehabt und ebenso bei Fallen von Erythema nodosum tuberkulosen Ursprungs Bei *Erythema induratum scrophulosum* der Bazin'schen Krankheit, worunter auch schwere Falle bei welchen die charakteristischen zum Teil geschwurig zerfallenen Knoten außer an den Extremitaten auch am Rumpfe aufgetreten waren habe ich ofter durch monatelange Vollsonnenbader ganzliche Heilung erzielt Die tiefern Knoten resorbierten sich, oberflachliche Knoten oder Geschwure verschorften und stießen sich ab und die fruher infiltrierte und unebene Haut wurde glatt und samtweich

Hier anschließend mochte ich noch erwahnen, daß ich auch bei manchen Hauterkrankungen *nicht tuberkuloser Natur* wie Ekzemen Psoriasis, Akne, Pruritis (Lichen) und mitunter bei Haarausfall mit der Sonnenbehandlung gunstige Erfolge gehabt habe

Tuberkulose der Lymphdrusen Das tuberkulose Lymphom wird durch die Heliotherapie in allen Stadien, der rein hyperplastischen Form, der Hyperplasie mit Knotchenbildung und der Verkasung gunstig beeinflußt, ebenso bei Abszedierung mit oder ohne Uebergreifen auf das umliegende Gewebe und bei sekundarer Vereiterung infolge Mischinfektion mit pyogenen Kokken

Bei dem ersten Stadium der einfachen Hyperplasie, ist die Bestrahlung auch dadurch sehr vorteilhaft, daß sie auch die kleinsten infizierten Drusen, die bei der Operation oft dem Auge und der Hand des Chirurgen entgehen, beeinflußt

Die Insolation regt die fibrose Schrumpfung an und fuhrt so zur Verodung der Tuberkel Kaseherde werden, wenn nicht zu groß, durch die Bindegewebewucherung abgekapselt und dadurch unschadlich gemacht, oder kommen zur Verkalkung Es ist dies ein großer Fortschritt gegenuber den Operationsresultaten, nicht nur in asthetischem Sinne, indem wir den Patienten die oft haßlichen und entstellenden Narben am Gesicht und Hals ersparen, sondern wir nutzen

ihnen auch in sozialer Beziehung, indem solche Narben ihnen noch lange nach vollkommener Heilung den Stempel der Tuberkulose aufdrucken Sodann ist das haufige Auftreten von Rezidiven nach den Operationen zu erwahnen, wahrend dies bei der Heliotherapie zu den Ausnahmen gehort

Sehr gunstig reagieren auf Sonnenlichtbehandlung wie die an dern tuberkulosen Lymphome die kranken Hilusdrusen, welche ja meistens das Initialstadium der Lungentuberkulose sind In den letzten 10 Jahren habe ich uber 150 solcher Falle von „Drusenfieber" mit besten Erfolgen behandelt Hier lassen sich durch periodische Rontgenaufnahmen die Fortschritte sehr schon kontrollieren

Tuberkulose der Knochen und Gelenke Dieselbe losende und dann eintrocknende (fibros schrumpfende) Wirkung wie bei den Lymphomen sehen wir auch bei den tuberkulosen Gelenkerkrankungen sowohl da, wo sie synovialen, als da wo die ostalen Prozesse vorwiegen, und in vielen Fallen tritt dann wieder eine normale Funktion der Gelenke ein

Die schonsten Heilungen sehen wir bei der Knochentuberkulose indem hier nicht nur eine derbe bindegewebige Narbe an Stelle des tuberkulos gewesenen Gewebes tritt, wie wir es bei der Lunge, Drusen usw sehen, sondern es findet nach Ausheilung des tuberkulosen Prozesses meistens noch eine anatomische und physiologische restitutio ad integrum in Form einer Knochenregeneration statt Das Sonnenlicht scheint da als ein Reizmittel zu wirken das ein kraftiges Granulationsgewebe hervorruft, in welchem dann eine mehr oder weniger reichliche Knochenbildung zustande kommt Eine solche Knochenregeneration betrifft nicht nur etwa kleine Knochen wie Phalangen Metatarsus und Metakarpalknochen, sondern wir sehen sie auch an den langen Rohrenknochen sei es in der Diaphyse oder in den Epiphysen, ja wir sehen sogar auch ofters große Gelenkkopfe, die durch den tuberkulosen Prozeß scheinbar ganz zerstort waren sich erholen und unter Wiedererlangung ihrer normalen Form knochern ausheilen

Damit erklart sich neben der gleichzeitig einhergehenden Heilung des tuberkulosen Kapselgewebes und Banderapparates die schon erwahnte Ausheilung der Gelenke mit normaler Funktion Den Prozeß der Knochenregeneration konnen wir durch periodische Rontgenaufnahmen gut verfolgen

Ich habe die Ueberzeugung gewonnen daß fast alle tuberkulosen Ostitiden unter Sonnenlichtbehandlung ausheilen konnen wenn die dazu notigen Mittel Zeit und Geduld zur Verfugung stehen

Zu bemerken ist noch daß gerade bei denjenigen tuberkulosen Gelenk und Knochenerkrankungen welche stets die Crux des Chirurgen gewesen sind, und wo auch bei den besten Technikern die Resultate gewohnlich außerst unbefriedigend waren mit der Sonnenlichtbehandlung meistens restlose Heilungen erzielt werden und Rezidive sehr selten sind Ich mochte hier die Spondylitis und Coxitis erwahnen

Urogenitaltuberkulose Bei der Urogenitaltuberkulose war ich öfter in der Lage, die Heliotherapie anzuwenden und bin damit speziell bei der Hodentuberkulose zufrieden gewesen

Einseitige schwere Hodentuberkulose, welche zur fast gänzlichen Zerstörung des Organs geführt hat behandle ich operativ durch Amputation mit hoher Resektion des Samenstranges Leichtere Falle kommen unter Insolation durch fibrose Schrumpfung der Knoten gewohnlich zur Ausheilung Sind beide Hoden ergriffen, so kommt die Insolation erst recht zu ihrer Geltung und ich habe auch schwere Falle mit multiplen langdauernden Fisteln ganzlich ausheilen und vernarben sehen Eine funktionelle Schadigung wie sie hier bei der Rontgenbestrahlung, welche sowohl die Funktion der mannlichen wie weiblichen Keimdruse vollkommen vernichten kann, vorkommt, habe ich nie erlebt Im Gegenteil bessert sich mit der Heilung des erkrankten Organs und der gleichzeitigen Kraftigung des Allgemeinbefindens auch jedesmal die Potenz

Genitaltuberkulose des Weibes Bei vielen Fallen tuberkuloser Erkrankungen von Uterus Tuben und Ovarien mit Tumorenbildung und Uebergreifen auf das Peritoneum und die Nachbarorgane sah ich meistens eine Ausheilung unter spontaner Resorption bei ausgezeichneter Hebung des Allgemeinbefindens Rezidive sah ich bei jahrelanger Beobachtung kaum auch auf die spatere briefliche Nachforschung kamen stets gunstige Berichte

Nieren- und Blasentuberkulose Bei der Nierentuberkulose habe ich mit der Helio und Klimatotherapie erstaunliche Besserungen gesehen und wohl auch in leichtern Fallen Heilungen erzielt, indem dieselbe sich soweit zuruckgebildet hatte, daß sie klinisch keine Erscheinungen mehr machte

Bei durch Ureterenkatheterismus ganz sicher festgestellter einseitiger Nierentuberkulose mache ich stets die Nephrektomie Aus Prophylaxis und zur allgemeinen Starkung unterziehe ich die Patienten nachher einer langern Sonnenbehandlung

Sehr schone Resultate habe ich bei zahlreichen Fallen von operierter Nierentuberkulose gesehen, die mir wegen Infektion und Aufbruchs der Operationswunde unter Bildung von fungosen, tuberkulosen Eiter sezernierenden Granulationen zur Behandlung zugesandt worden sind Hier habe ich jedesmal Ausheilung gesehen Darunter waren auch Falle von tuberkulosen Fisteln des Ureterstumpfes Die Tuberkulose der Operationswunde ist mit Recht eine gefurchtete Komplikation der Nephrektomie und spielte in der Spatmortalitat eine große Rolle Die Heliotherapie schaffte da ein große Wandlung

Bei tuberkuloser *Cystitis* habe ich durch die Insolation in einigen Fallen bei denen die tuberkulose Niere entfernt worden war und keine neue Infektion von oben mehr stattfand, komplette Heilung gesehen Aber auch bei den nicht operierten Fallen ja sogar bei doppelter Nierentuberkulose sah ich doch recht oft bedeutende Bes-

serung der Blasentuberkulose, die sich in baldigem Nachlassen der Schmerzen des die Patienten so belästigenden Harndranges und in Besserung der Kapazität der Blase äußerte.

Die tuberkulöse *Peritonitis* bildet eines der dankbarsten Objekte der Heliotherapie. Bei 50 Fällen von Peritonitis tuberculosa serosa erzielte ich 49mal vollständige Heilung, ein Fall, kompliziert durch Lungentuberkulose, starb. Früher eine sehr gefürchtete Lokalisation, die häufig zu Meningitis oder Miliartuberkulose führte, hat die tuberkulöse Peritonitis durch die klimatisch-diätetische und Sonnenlichtbehandlung viel von ihrem Schrecken verloren. Zum Skelett abgemagerte Patienten mit aus den tief eingesunkenen, großen Augenhöhlen herausschauenden fieberglänzenden Augen, aufgetriebenem, unförmlichem Bauche, die den Eindruck wahrer Todeskandidaten machen, verlieren meistens bald ihr Fieber, bekommen wieder Appetit, unter vermehrter Diurese schwinden die großen Exsudate, und oft schon nach wenigen Wochen sind diese Kranken kaum mehr zu erkennen. Die Heilung ist auch eine bleibende. Mehrere meiner Patientinnen, welche ich in ihrem Mädchenalter an schwerer Peritonitis tuberculosa behandelt hatte, haben sich verheiratet und sind heute Mutter gesunder Kinder.

Auch bei der ulzerös-eitrigen Form der Peritonitis mit vielfacher Verbackung von Netz und Darmschlingen und multiplen Abszessen erzielt man mit der Bestrahlung öfter noch schöne Erfolge, während bei einem radikalen operativen Vorgehen hier gewöhnlich mehr geschadet als genützt wird. Kotfisteln oder Darmprolapse sind nur zu oft die unliebsamen Folgen der Operation. Was dieselben aber für diese Patienten und ihre Umgebung bedeuten, brauche ich nicht näher auszuführen. Nach langem, qualendem und ekligem Leiden gehen die meisten dieser Kranken an Erschöpfung zugrunde. Solche fistelnde Fälle sind mir öfters zur Heliotherapie zugeschickt worden. Auch diese sonst so trostlosen Fälle konnten mit der Heliotherapie und eventuellen kleinen unterstützenden Operationen, wie Punktionen und Eröffnung einzelner Abszesse noch viel gewinnen. Ich habe hier sehr erfreuliche Erfolge und in manchen Fällen Schluß der Kotfisteln erzielt. Allerdings mußte ich aber auch schon trotz Heliotherapie die Waffen strecken.

Darmtuberkulose. Alle sogenannten primären Formen von Tuberkulose des Darms, sofern es sich nicht um die allgemeine, meistens bei schwer Lungenkranken als letzte Leidensetappe auftretende sekundäre Darmtuberkulose handelt, z. B. die Ileokoekaltuberkulose, Mastdarmfisteln und perirektale Abszesse, reagieren günstig auf die Heliotherapie. Man sieht zuweilen geradezu überraschende Erfolge mit raschem Nachlassen der Schmerzen, Verschwinden der Diarrhoen und des Fiebers und schneller Gewichtszunahme, speziell bei der häufigen Ileokoekaltuberkulose. In schweren, veralteten Fällen von Ileokokaltumor habe ich mitunter durch Hilfsoperationen, wie die Enteroanastomose oder die inkomplette Darmausschaltung nachgeholfen. Spe-

ziell günstig sind diejenigen Fälle wo es möglich ist, durch eine Radikaloperation den gut abgegrenzten tuberkulösen Ileokoekaltumor zu entfernen Dies schafft natürlich die günstigsten Verhältnisse Solche Operierte werden mir auch häufig zur Nachbehandlung mit der Heliotherapie zugeschickt Sonne und gute Luft besorgen dann gewöhnlich die definitive Heilung

Tuberkulose der Sinnesorgane Auch bei der Tuberkulose der Augen und des Ohres wirkt die Sonnenbehandlung günstig Ich persönlich verfüge über schöne Erfolge, und auch von den Spezialärzten wird darüber berichtet Zur Bestrahlung der tuberkulösen Mittelohrentzündung verwende ich reflektierende Ohrtrichter

Multiple tuberkulose Lokalisationen Bei der multiplen chirurgischen Tuberkulose sowie bei Fällen von immer wiederkehrenden Rezidiven nach Operationen wobei einerseits der Chirurg sich fragen muß, wo soll ich mit Operieren anfangen und wo soll ich aufhören, oder wo er dem Patienten so ziemlich gleich hilflos gegenübersteht wie heute noch den Rezidiven nach Krebsoperation wirkt die Heliotherapie mitunter wahre Wunder während früher diese Unglücklichen nach jahrelangem und durch die profusen Eiterungen für sich und ihre Umgebung ekelhaft gewordenen Leiden an allgemeiner Schwäche oder an Amyloiddegeneration innerer Organe langsam und elend zugrunde gegangen sind wenn sich nicht das Hinzutreten einer akuten Miliartuberkulose schon vorher ihrer erbarmt hatte

7 *Rachitis* Sehr günstig wird durch die Insolation auch die Rachitis beeinflußt Es ist dies auch leicht erklärlich, denn wir wissen, daß für die Entstehung der Rachitis neben unzweckmäßiger Ernährung in erster Linie Mangel an Licht und Luft verantwortlich zu machen ist Zur Erhärtung dieser Tatsache möchte ich folgendes Beispiel anführen

Im kleinen Bergdorfe Bivio am Julierpaß, 1776 m ü M, konnte ich beobachten, daß beinahe alle im Herbst geborenen Kinder, die während des fast 9 Monate langen Winters mit seinem dort durch häufige Schneestürme strengen Regiment kaum einmal aus den dumpfen Häusern mit den schießschartenähnlichen Fensterluken ins Freie gebracht wurden, mehr oder weniger ausgeprägte Zeichen von Rachitis zeigen während die im Frühling geborenen, welche von den Eltern bei der Feldarbeit mit hinaus genommen werden und fast den ganzen Tag Sonne und Licht genießen können, davon verschont sind

Das Sonnenlicht ist aber bei der Rachitis nicht nur prophylaktisch von größter Bedeutung sondern auch kurativ werden bei gleichzeitiger, zweckmäßiger Ernährung und Darreichung von Lebertran, Phosphor und Kalksalzen durch die Sonnenlichtbehandlung sehr schöne Erfolge erzielt

Wie viele rachitische Kinder sind schon unter den Strahlen der Sonne restlos ausgeheilt, ohne Verkrüppelung des Thorax und der Wirbelsäule und ohne die schlimmen Komplikationen infolge Ver-

ligerung oder falscher Belastung lebenswichtiger Organe und ohne Wachstumsfehler des Beckens welche fur das weibliche Geschlecht oft so verhangnisvoll wurden, und ohne Deformation der Gliedmaßen

Peemoller hat in einer groß angelegten Untersuchung gezeigt, daß derselbe Spektralbezirk den *Hauser* und *Vahle* als fur die Pigmentierung bedeutend gefunden haben auch fur die Rachitis wichtig ist Die Strahlen uber 320 M M sind vollig unwirksam Die Wirksamkeit der verschiedenen Lichtquellen entfaltet sich, parallel ihrer Intensitat, in dem Spektralbezirk um 300 M M Neuere experimentelle Untersuchungen wollen durch die Belichtung eine Vermehrung des Kalkgehaltes des Blutes festgestellt haben

Damit glaube ich die Aufzahlung der chirurgischen Indikationen zur Sonnenlichtbehandlung so ziemlich erschopft zu haben

Die Sonnenlichttherapie ist auf einmal sehr popular geworden, auch die Laien haben sich ihrer bemachtigt, und es lauft noch viel Kritiklosigkeit mit Leider sind auch allerlei Auswuchse zu verzeichnen, die sich ubrigens wohl mit der Zeit von selbst verlieren werden An den Aerzten liegt es, den noch ungebandigten Strom allmahlich in das richtige Bett zu leiten

Noch mehr gilt dies in bezug auf die Behandlung mit kunstlichen Lichtquellen, fur die sich heute eine geradezu peinlich wirkende und unwurdige Reklame breit macht Es gibt kaum mehr eine Krankheit oder ein Gebrechen fur welche nicht diese oder jene Lampe als unfehlbares Heilmittel in allen Tonarten empfohlen wird Die Indikationsstellung fur die Lichtbehandlung ist geradezu uferlos geworden Es ist dies aber gewohnlich so, wenn die finanzielle Spekulation sich medizinischer Erfindungen und Entdeckungen bemachtigt

Ueber den Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung

Von Professor Dr. *Wilhelm Stepp*, Direktor der medizinischen Klinik der Universität Jena

---

Die Erkenntnis, daß das Sonnenlicht die Urmutter alles Lebens auf der Erde ist, ist sicherlich schon bei dem primitiven Menschen der Urzeit vorhanden gewesen. Und auch das Wissen von heilenden Kräften der Sonnenstrahlen geht auf die frühesten Tage des Menschengeschlechts zurück. Mag dann in späteren Zeitepochen dieses Wissen unter dem Einflusse geistig-religiöser Strömungen vorübergehend verloren gegangen sein, der gesunde Instinkt des Menschen sorgte immer wieder für seine Neuerweckung.

Freilich, die Voraussetzungen für eine planmäßige und ernsthafte Erforschung der Wirkungen, die von der Sonnenstrahlung ausgehen, waren erst in neuerer Zeit gegeben, als Physik und Chemie einen festgefügten Bestand von Erkenntnissen geschaffen hatten. Die ersten systematischen Versuche, das Sonnenlicht zu Heilzwecken zu verwenden, wurden von *O. Bernhard* ausgeführt, der zum ersten Male im Jahre 1902 Wunden aller Art, besonders aber solche tuberkulöser Natur durch Sonnenbestrahlung heilte. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß schon fast 50 Jahre vorher *Arnold Rickli*, gleichfalls ein Schweizer, die Sonne als Heil- und Kräftigungsmittel gepriesen und Sonnenbestrahlungen in einer von ihm gegründeten Heilanstalt systematisch angewandt hat.

Wenn ich heute aus dem großen Gebiete, zu dem sich die Heliotherapie in den vergangenen 23 Jahren entwickelt hat, das kleine Kapitel über die Bedeutung des Sonnenlichtes für die Knochenbildung herausgreife, so geschah das, weil es sich hier, wenn ich so sagen darf, um das allerjüngste Kind der Heliotherapie handelt. Es sind erst 6 Jahre her, seit wir etwas Sicheres über einen Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung wissen. Trotzdem ist in dieser, für eine wissenschaftliche Frage sicherlich kurzen Zeit das Problem in einer Weise durchgearbeitet und geklärt worden wie kaum ein anderes in der Biologie. Von besonderer Bedeutung sind hierbei For-

schungen des letzten Jahres und der letzten Monate geworden, deren Bedeutung um so höher einzuschätzen ist, als sie, ganz unabhängig von verschiedenen Forschern unternommen, zu dem gleichen Ergebnis führten.

Daß die Knochenbildung ein sehr verwickelter Vorgang ist, für dessen normalen Ablauf eine große Zahl von Bedingungen erfüllt sein muß, erscheint ohne weiteres selbstverständlich, wenn man die Häufigkeit der Rachitis und ihr wechselvolles Bild betrachtet. Man wird wohl kaum fehlgehen, wenn man behauptet, daß es wenig Kinder gibt, bei denen in der Zeit des stärksten Knochenwachstums nicht vorübergehend leichteste Störungen zu beobachten wären. So mannigfaltig die Anregungen waren, die die Forschung aus dem bunten Symptomenbild der Rachitis, aus ihrer Beeinflußbarkeit und ihrem Verlaufe schöpfen konnte, so war ein erfolgreiches Studium der normalen Knochenentwicklung doch erst mit Hilfe des Tierexperimentes möglich. Und auch dieses hätte sicherlich nicht so rasche und eindeutige Antworten gebracht, wenn nicht die Vitaminforschung den Anstoß dazu gegeben und eine Reihe von wichtigen Vorarbeiten bereits erledigt gehabt hätte.

Das Studium der Knochenbildung ist also aufs innigste verknüpft mit der Entwicklung der Lehre von den Vitaminen. Und so muß ich, um Ihnen die Bedeutung des Sonnenlichtes für die Knochenbildung verständlich darstellen zu können, zunächst die Bedingungen der Skelettentwicklung im allgemeinen schildern.

Von den zur Zeit bekannten Vitaminen haben zwei wichtige Beziehungen zur Knochenbildung: das antirachitische Vitamin oder Vitamin D (nach *Mc Collum*) und das wasserlösliche antiskorbutische Vitamin C. Uns interessiert in diesem Zusammenhange ausschließlich das erstere.

Das Verdienst, zuerst auf die Bedeutnug des fettlöslichen Vitamins für die Skelettentwicklung aufmerksam gemacht zu haben, gebührt dem englischen Pharmakologen *Edward Mellanby*. In Versuchen an einem sehr reichen Material von 400 jungen Hunden konnte er nachweisen, daß die Knochenbildung schwer gestört ist, wenn in der Nahrung das fettlösliche Vitamin fehlt. Die Tiere zeigen nicht nur klinisch, sondern auch im Röntgenbild eine der menschlichen Rachitis sehr ähnliche Erkrankung. Daß die Knochenstörung wirklich durch Mangel an fettlöslichem Vitamin bedingt ist, konnte *Mellanby* sehr schlagend dadurch beweisen, daß er das vitaminfreie Fett seines Nahrungsgemisches (Leinsamenöl) durch Lebertran ersetzte. Das lebertranhaltige Futter führte zu völlig normaler Knochenentwicklung, bezw. bewirkte Heilung der Knochenveränderungen, die das gleiche Futter — mit Leinsamenöl als Fett — hervorgerufen hatte. Indessen erkannte *Mellanby* sehr bald, daß der Vitaminmangel nicht die einzige Größe ist, die für die Knochenstörungen verantwortlich gemacht werden muß, es sind vielmehr noch andere Faktoren von wesentlichem, mitbestimmendem Einfluß

Rachitisbegünstigend wirken schlechte äußere Lebensbedingungen: Mangel an Sonne, überhaupt Mangel an Licht, Mangel an Luft und Bewegung. Schon *Findlay* hatte festgestellt, daß junge Hunde, die in engen Käfigen aufgezogen werden, sehr leicht Rachitis bekommen, während Geschwistertiere unter genau den gleichen Lebensbedingungen, nur mit der Möglichkeit, sich Bewegung zu machen, von der Erkrankung verschont blieben. Umgekehrt wirken *rachitisverhütend*: reichlich Licht, reichlich Luft, reichliche Körperbewegung.

Ganz unabhängig von *Mellanby* brachten nun die Forschungen amerikanischer Gelehrter (*Mc Collum*, *Simmonds*, *Shipley* und *Park*, ferner *Sherman* und *Pappenheimer*) eine weitgehende Klärung des Problems. *Mc Collum* und seinen Mitarbeitern war aufgefallen, daß bei Verwendung von Nährstoffgemischen, die in der einen oder andern Richtung unzureichend waren, wiederholt Knochenveränderungen sich entwickelten, die vielfach an die menschliche Rachitis erinnerten. Da die Versuchstiere (Ratten) alle unter den gleichen äußern Bedingungen gehalten wurden, so war die Beschaffenheit der Nahrung die einzige Variable, die entscheidend sein konnte. Im Verlaufe der daraufhin angestellten systematischen Untersuchungen sahen die Forscher sehr bald, daß *neben dem fettlöslichen Vitamin* und dem *Kalzium*, auf das auch *Mellanby* schon seine Aufmerksamkeit gerichtet hatte, noch einem dritten Faktor eine große Bedeutung zukommt, nämlich der *Phosphorsäure*. Es gelang, den exakten Nachweis zu führen, daß innerhalb gewisser Grenzen das Verhältnis von Kalzium zur Phosphorsäure von größerer Wichtigkeit ist als ihre absoluten Mengen. Ist die Relation Ca : P ideal, d. h. ist weder ein Ueberschuß von Kalzium noch ein solcher von Phosphorsäure vorhanden, so genügt eine verhältnismäßig kleine Menge des fettlöslichen Vitamins, um optimales Knochenwachstum zu gewährleisten. Besteht jedoch ein fehlerhaftes Verhältnis von Ca : P in dem Sinne, daß entweder ein relativer Mangel an Kalzium oder ein solcher von Phosphorsäure vorhanden ist, so läßt sich die Entwicklung von Knochenveränderungen nur dadurch verhindern, daß man entweder die richtige Relation herstellt (durch Zufuhr des in zu geringer Menge vorhandenen Stoffes) oder den Vitamingehalt der Nahrung stark erhöht.

Daß zur Bildung des Knochens, der bekanntlich nicht gewöhnlichen Kalk, sondern Apatit, ein komplexes Molekül Phosphorsäure-Kohlensäure-Kalzium enthält, ausreichend Phosphorsäure und Kalzium zugeführt werden muß, das wußte man natürlich schon längst. *Neu* ist die Feststellung, daß auf das gegenseitige Mengenverhältnis so viel ankommt und daß die Apposition des Kalks für gewöhnlich ohne eine entsprechende Menge von fettlöslichem Vitamin nicht erfolgen kann.

Nebenbei sei nur erwähnt, daß die Natur der Knochenveränderungen, die im Experiment auf diesem diätetischen Wege erzeugt werden, nicht ganz einheitlich ist. Das Bild der *echten Rachitis*, das

ganz dem der menschlichen Rachitis entspricht, erhalt man am regel maßigsten mit *einer Nahrung die arm an fettloslichem Vitamin und an Phosphaten ist* Futtern wir bei Tieren, die bei einer solchen Kost die charakteristischen Knochenveranderungen bekommen haben, etwas Lebertran nebenher, so laßt sich schon nach kurzer Zeit in etwa 8 Tagen, beginnende Kalkablagerung in den Knochen nach weisen Und im Verlaufe von etwa 4 Wochen kommt es zu volliger Ausheilung Gleichzeitig geht der auf der Hohe der Krankheit stark erniedrigte Phosphatspiegel des Blutes auf normale Werte hinauf Nichts spricht gegen die aus diesen und andern Befunden gezogene Schlußfolgerung, daß Voraussetzung fur die Ablagerung von phos phorsaurem Kalk in den Knochen ein bestimmter Phosphatgehalt des Blutes ist

Genau so wie Zufuhr von Lebertran wirkt bei der menschlichen und bei der experimentellen Rachitis der Tiere Bestrahlung des Kor pers mit Sonnenlicht oder dem Lichte der Quecksilberquarzlampe Wir verdanken diese wichtige Entdeckung *R Huldschinsky* der im Jahre 1919 an der Hand von Rontgenbildern die Wirkung des ultra violetten Lichtes auf rachitische Kinder uberzeugend nachwies Es war ein gluckliches Zusammentreffen, daß um die gleiche Zeit das Studium der experimentellen Rachitis so entscheidende Fortschritte machte und daß es damit moglich war, den Einfluß des Sonnen lichtes auf die Knochenbildung nun auch im Experimente eingehend zu studieren Es zeigte sich dabei, daß die wirksame Strahlung nur einem verhaltnismaßig kleinen Bereich des ultravioletten Spektrums entspricht Und zwar sind es die Strahlen von einer Wellenlange zwi schen 290 und 320 $\mu\mu$ Das Wirkungsoptimum liegt bei 297 $\mu\mu$ Strahlen wesentlich großerer oder geringerer Wellenlange sind un-wirksam

Nach dieser Feststellung war man nun in der Lage, die Wirkung des ultravioletten Lichts experimentell in allen Einzelheiten zu stu dieren und festzustellen, daß die Vorgange im Korper, die hierbei ausgelost werden, offenbar die gleichen sind wie bei Zufuhr von Le bertran Trotz Mangels der Nahrung an antirachitischem Vitamin und Phosphaten steigt der Phosphatgehalt des Blutes auf normale Werte, und es erfolgt die Apposition des Kalks in regelrechter Weise Man durfte also nach diesen Feststellungen sagen, daß die Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf die Haut die Zufuhr des antirachi tischen Vitamins, das sich in der hochsten Konzentration im Leber tran findet, ersetzen konnen Nicht unwichtig ist die Beobachtung, daß die ultravioletten Strahlen fur die mangelnde Zufuhr des andern fettloslichen Vitamins, des antixerophthalmischen Stoffes keinen Ausgleich zu schaffen d h Xerophthalmie nicht zu beseitigen ver mogen Bedeutungsvoll fur die Deutung der Lichtwirkung in der Haut ist ubrigens die Tatsache, daß schwarze Ratten wesentlich großere Lichtdosen zu einem antirachitischen Effekt benotigen als Albinotiere

Ueber den Mechanismus der Strahlenwirkung hat man sich natürlich sehr bald alle möglichen Vorstellungen gemacht, ohne zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen.

Im Laufe des letzten Jahres hat diese Frage nun eine überraschende Lösung gefunden. *Alfred F. Heß* in New York und unabhängig von ihm *Steenbock* mit seinen Mitarbeitern hatten sich die Frage vorgelegt, ob das ultraviolette Licht die Fähigkeit habe, in Material, das frei von antirachitischem Vitamin ist, die Bildung des spezifischen Stoffes anzuregen. *Heß* ging so vor, daß er bestimmte Oelarten, die antirachitisch völlig unwirksam waren, z. B. Leinsamenöl, der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht aussetzte und nun die Wirksamkeit der bestrahlten Oele im Versuch am experimentell rachitischen Tier prüfte. Die Versuche ergaben einen vollen Erfolg. Oele, die dreißig Minuten lang den Strahlen der Quecksilberquarzlampe exponiert waren, wirkten genau so stark antirachitisch wie Lebertran. Bemerkenswert ist weiter, daß die bestrahlten Oele den Geruch von Fischtran angenommen hatten. *Heß* und seine Mitarbeiter haben dann derartige Aktivierungsversuche mit ultraviolettem Licht auch an gekeimtem Weizen ausgeführt und festgestellt, daß auch hier unter dem Einfluß der Strahlen antirachitisches Vitamin entsteht.

Ungefähr um die gleiche Zeit haben *H. Steenbock* und *A. Black* eine Kost (bestehend aus Hirse und Luzerne), mit der sie bei ihren Versuchstieren Rachitis erzeugten, in dünner Schicht ausgebreitet zehn bis zwanzig Minuten dem Lichte der Quecksilberquarzlampe ausgesetzt und bei der daraufhin vorgenommenen Prüfung der bestrahlten Nahrung im Fütterungsversuch festgestellt, daß sie die Eigenschaft, Rachitis zu erzeugen, verloren hatte. Ebenso gelang es, tierische Organgewebe (Leber, Lungen, Muskulatur) durch Bestrahlung antirachitisch wirksam zu machen.

Es ist begreiflich, daß die Mitteilungen von diesen erstaunlichen Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf alle möglichen der Ernährung dienenden Erzeugnisse des Tier- und Pflanzenreiches überall das größte Aufsehen erregten und vielfach schon nachgeprüft wurden. Wie *György* aus der Heidelberger Kinderklinik mitteilte, konnte er Milch durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht ausgesprochen antirachitisch wirksam machen. Auch überzeugte er sich von der Richtigkeit der Angabe, daß gewöhnliche Oele wie Olivenöl durch Bestrahlung antirachitisch aktiv werden.

Es besteht also wohl nicht mehr der geringste Zweifel, daß die Beobachtungen der amerikanischen Forscher durchaus richtig sind. Man hat nun natürlich sehr eifrig nach einer Erklärung der merkwürdigen Befunde gesucht und zuerst an eine Wirkung von Fermenten gedacht. Dieser Gedanke ist indessen nicht haltbar angesichts der von *Heß* in Gemeinschaft mit *Weinstock* und *Helmann* festgestellten Tatsache, daß wässerige Aufschwemmungen von Cholesterin und Phytosterinen durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht ebenso antirachitisch wirksam werden wie Oele und Organgewebe. Da das

Cholesterin ein kristallinischer Körper ist, der in großer Reinheit erhalten werden kann, so muß man annehmen, daß die Wirkung der ultravioletten Strahlen als ein chemischer Vorgang zu denken ist, der in einer intramolekularen Umlagerung besteht. Die chemische Natur des von der Sonne gebildeten antirachitischen Vitamins ist noch nicht sicher bekannt.

Nach den Beobachtungen über die Bildung von antirachitischem Vitamin in Nahrungsmitteln darf man wohl annehmen, daß die rachitisheilende oder verhütende Wirkung des Sonnenlichts bei Tier und Mensch in analoger Weise erfolgt, nämlich auf dem Wege der Vitaminbildung. Die nähere Erforschung der Frage, in welchen Schichten der Haut sich dieser Vorgang vollzieht, steht noch aus. Nach dem, was jetzt bekannt ist, wird die Hauptmenge der kurzwelligen ultravioletten Strahlen schon in den obersten Schichten absorbiert.

Es wäre nun noch kurz die Frage zu berühren, welche Bedeutung den Sonnenstrahlen für die Skelettentwicklung des Kindes praktisch zukommt. Da wäre zunächst zu sagen, daß der kindliche Organismus auf das Sonnenlicht ohne eine ernste Störung der Knochenbildung nur verzichten könnte, wenn seine Nahrung einen sehr großen Ueberschuß von antirachitischem Vitamin D enthielte. Verwirklicht ist dieser Fall bei den Lappländern, in deren Nahrung das Fleisch der Fische und die Fischtrane mit ihrem hohen Gehalt an antirachitischem Vitamin eine große Rolle spielen. Die reiche Vitaminzufuhr schützt die Kinder dieses Volkes trotz des Fehlens der Sonne während eines großen Teils des Jahres vor Erkrankung an Rachitis. Wo diese Nahrungsbedingungen aber nicht bestehen und vor allem da, wo die Nahrung ausgesprochen arm an Vitamin D ist, spielt der *„Faktor Sonne“* eine entscheidende Rolle. Die Rachitis wird dann zu einer *Saisonkrankheit* („seasonal disorder‘), wie man auch gesagt hat. Es ist bekannt, daß drei Viertel aller Rachitisfälle in der ersten Hälfte des Kalenderjahres zur Entwicklung kommen, der Rest in der zweiten Hälfte, und zwar treffen die Erkrankungen auf die Monate November und Dezember. Sehr hübsch wird diese Tatsache durch Beobachtungen von *Heß* in New York beleuchtet, der in großen Serienuntersuchungen feststellen konnte, daß der *Blutphosphatspiegel der Kinder* richtige Gezeiten aufweist, *ein Abebben im Winter und Frühjahr, ein Ansteigen im Sommer*.

Noch manche andere Tatsache, die in diesem Zusammenhange sicherlich Ihre Aufmerksamkeit wecken würde, könnte ich noch anführen, um Ihnen zu zeigen, wie gut sich alles, was auf diesem Gebiete an Erkenntnissen gewonnen wurde, zu einem harmonischen Bilde zusammenfügt.

Für die Heliotherapie bedeutet die Aufdeckung der innigen Beziehungen zwischen dem Sonnenlichte und der Umbildung wichtiger Stoffe im Organismus den Beginn einer neuen Forschungsepoche

Klima und Kinderkrankheiten

Von Prof. *E. Feer*, Zürich.

Der Einfluß der Außenwelt auf den lebenden Organismus muß sich am stärksten bemerkbar machen zur Zeit der Entwicklung und des Körperwachstums, also im Jugendalter, wo alle Systeme noch zart und wenig widerstandsfähig sind, so daß sie leichter auf nützliche und schädliche Faktoren ansprechen als bei ausgewachsenen Individuen. So dürfen wir von vorneherein erwarten, daß die Eigenheiten des Klimas die stärkste Wirkung zeigen werden auf das Kind und hier wiederum auf die jüngste Altersstufe, den Säugling. Mehr noch als beim gesunden Kind muß sich dies äußern beim kranken, das eine erhöhte Empfindlichkeit aufweist.

Sobald wir aber Umschau halten unter den Krankheiten des Kindes, die durch das Klima beeinflußt werden, so stößt die Beweisführung auf große Schwierigkeiten. Es fehlen uns fast für alle Krankheiten noch genaue Kenntnisse über die Eigenart ihrer geographischen Verbreitung, die am ehesten ein Urteil erlauben würde. Sodann sind die übrigen Einflüsse der Umwelt, Ernährung inbegriffen, so machtvoll und wechselnd nach Völkern, ihren Sitten und Lebensverhältnissen und zwar am schwerwiegendsten im Kindesalter, daß das Herausschälen der reinen Klimawirkung auf zahllose Hindernisse stößt.

Am günstigsten steht es mit der *Sommersterblichkeit der Säuglinge*, so daß ich hier versuchen möchte, deren Verhältnisse zu prüfen.

Die ersten Mitteilungen stammen aus *Nordamerika* aus der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert[1]). Schon 1798 brachte Rush vortreffliche Beobachtungen. Regelmäßig fand er in den Sommermonaten in den meisten Städten der Vereinigten Staaten eine vermehrte Sterblichkeit an Cholera infantum, die man in Amerika auch als summer complaint oder disease of the season bezeichnet. Er fand die Häufigkeit und Gefährlichkeit der Krankheit stets im Verhältnis zur Außentemperatur. Sie verlief gewöhnlich in wenigen Tagen tödlich. Ein kühler Tag verminderte die Heftigkeit und ließ die Krankheit oft gut ausgehen. Als bestes Heilmittel empfahl Rush, die Kinder aus der Stadt aufs Land zu bringen. Bei diesem

---

[1]) Ich folge hier der ausgezeichneten Darstellung von Rietschel: Die Sommersterblichkeit der Säuglinge (Ergebn. f. inn. Med. u. Kinderheilk. Bd. 6. 1911), der die Literatur bis 1910 weitgehend berücksichtigt.

Verfahren verlor er unter vielen hunderten von Kindern in irgend einem Stadium der Krankheit nur drei Schon die Verbringung über den Tag aus der heißen Stadt ergab eine günstige Wirkung

Aus dem Anfang des 19 Jahrhunderts liegen viele entsprechende Mitteilungen aus Nordamerika vor immer aus den rasch anwachsenden größern Städten zuerst aus solchen an der atlantischen Küste, später aus den mittleren und westlichen Staaten Das offene Land hatte unter der Sommercholera nicht zu leiden Die südlichen Staaten waren und sind jetzt noch viel weniger beteiligt Schon 1833 stellt Potter fest daß ein absolut heißes und ein absolut kaltes Klima der Krankheit ungünstig sind Diese gedeiht am besten da wo die größten Temperaturunterschiede bestehen zwischen kalten Wintern und intensiv heißen Sommern Verhältnisse die nirgends so ausgesprochen vorkommen als in vielen Teilen von Nordamerika Potter schrieb daß ein Kind unfehlbar erkrankte wenn man es an Orten wo die Krankheit endemisch herrschte plötzlich oder längere Zeit der Sonne aussetzte Ein Temperaturabfall von 4—5 Grad nach Regen der gewöhnlich Westwind brachte unterbrach die Ursache und wirkte heilend so daß die kleinen Kranken aus ihrer Erschöpfung erwachten und die Zahl der Erkrankungen mit Sicherheit abnahm so lange die Hitze nicht wieder anstieg Auch die längern und kühlern Augustnächte setzten die Sterblichkeit herab während die Zahl der Todesfälle im Juni und Juli gleich blieb oder anstieg Mit der schrittweisen Abnahme der Temperatur im Herbst erlosch die Krankheit

Schon aus der Zeit vor 100—150 Jahren stammen also Berichte über die verderbliche Wirkung der Sommercholera der Säuglinge aus Nordamerika wo sie jetzt noch am stärksten von allen Ländern die Kinderwelt bedroht Im Gegensatz zu Amerika wurde die Krankheit *in Europa* bis 1830—1840 nur referierend nach den amerikanischen Autoren erwähnt ja zum Teil als eine für Nordamerika eigentümliche Krankheit angesehen Erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erschienen allmählich Berichte aus Deutschland England Frankreich welche die Sommersterblichkeit in den großen Städten behandelten Wohl war schon lange bekannt daß die Säuglinge im Sommer bisweilen in erhöhtem Maße starben das geht zum Beispiel aus den Sterberegistern von Breslau hervor die bis zum Jahre 1585 zurückreichen Aber erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erregten die Todesfälle die Aufmerksamkeit der Aerzte Von da ab spielt die Sommersterblichkeit in den Kulturstaaten Europas eine zunehmende Rolle um vom Anfang des 20 Jahrhunderts an stark zurückzugehen Dabei läßt sich eine deutliche Abnahme nach Norden erkennen aber auch eine solche nach Süden Letztere weist darauf hin daß die Hitze nicht die einzige Ursache sein kann Ebenso soll in den tropischen Gegenden *Amerikas Asiens Afrikas* 1 eine hervorstechende Säuglingssterblichkeit zur Hitzezeit bestehen

Man darf es nach diesen Verhältnissen als sichere Tatsache bezeichnen *daß die vermehrte Sommersterblichkeit an Klimate gebunden ist die kalten Winter und heißen Sommer haben* und besonders an Klimate die wie in Nordamerika einen raschen Umschlag der kühlen Jahreszeit zur heißen bringen Die Verhältnisse in Nordamerika werden uns leicht verständlich, wenn wir in den Zeitungen die zahlreichen Hitzschläge lesen, die dort in manchen Sommern auch viele Erwachsene hinraffen

Betrachten wir nun *die Entwicklung und den Verlauf der Sommersterblichkeit* etwas näher Da ergeben sich für viele große Städte folgende Verhältnisse, wie sie *Finkelstein* [1]) und andere eingehend erforscht haben Einige Zeit nach dem Einsetzen der Sommerhitze

---

[1]) D m W 1909 Nr 32

steigt die Zahl der Todesfalle von Cholera infantum allmahlich an und erreicht einige Wochen nach dem Temperaturmaximum einen *breiten Gipfel* also meist im August

Nehmen wir als Beispiel Berlin im Jahre 1911 das uns allen wegen seiner ungewohnlich großen und lange dauernden Hitze noch gut in Erinnerung steht[3]) Vom 22 Juli an herrschte wahrend 24 Tagen eine gewaltige Hitze (Außentemperaturen uber 30° C) um am 15 August jah um 14 Grad abzusturzen Die Sterblichkeit der Sauglinge stieg gleich am ersten Tag auf 32 (17 war das Mittel der kuhlen Jahreszeit) Aber erst im August stiegen die Todesfalle auf durchschnittlich 44 pro Tag an und hielten sich auch in der kuhlen Jahreszeit noch hoch Bis zum 6 September starben taglich noch 40 Kinder Das Maximum mit 60 Fallen betraf den 15 August den ersten kuhlen Tag Diese Zahlenverhaltnisse sind leicht verstandlich Es handelt sich hier in der Hauptsache um nicht ganz akute und um protrahierte Falle von Sommerdiarrhoen Die in der heißen Jahreszeit erworbenen oder gesteigerten Storungen brauchten das eine Mal kurzere das andere Mal langere Zeit oft mehrere Wochen bis ihre Opfer erlagen so daß der Tod oft erst in der kuhlern Wetterperiode erfolgte

Nun zeigt sich aber bei genauem Zusehen, daß dem breiten Gipfel der Sommersterblichkeit von Zeit zu Zeit *spitze Zacken* aufgesetzt sind die jeweilen 24 Stunden nach besonders starker Hitze einsetzten Diese Zacken verschwinden dann wieder fur kurzere oder langere Zeit wenn die Hitze nachlaßt und erscheinen wieder wenn tags zuvor die Hitze erneut angestiegen ist Die Krankheitsfalle, die diese spitzen der Mortalitatskurve aufgesetzten Zacken verursachen sind meist ganz akut und sturmisch verlaufend Man darf sie sicherlich als Folge einer direkten Hitzeschadigung auffassen Darauf deutet schon der Umstand, daß man nicht selten an ganz heißen Tagen bei noch gesunden Sauglingen Temperaturen von 39 und 40 Grad gefunden hat, und daß die perakuten Todesfalle oft Temperaturen von 41, 42, selbst 43 Grad aufweisen Ferner der Umstand, daß diese Kinder viel haufiger als beim gewohnlichen Brechdurchfall allgemeine Krampfe zeigen, daß Erbrechen und Durchfall oft fehlen Endlich daß auf kuhle Bader manchmal uberraschend schnell die Wendung zur Besserung eintritt eine Behandlung die schon vor 135 Jahren *Rush* in Amerika als erprobt empfahl Man hat diese Todesfalle auch geradezu als *Hitzschlage* bezeichnet und kann gegen diese Auffassung keine stichhaltigen Grunde vorbringen In Deutschland hat zuerst der Dresdener Arzt *Meinert* vor 40 Jahren die sommerlichen Brechdurchfalle allgemein auf Hitzschlag bezogen Wegen dieser offenkundigen Uebertreibung haben seine richtigen und wichtigen Beobachtungen anfanglich nicht die verdiente Wurdigung erfahren Jedenfalls steht heutzutage fest, daß die Sommersterblichkeit der Sauglinge nicht ausschließlich eine direkte Klimafolge ist, sondern daß noch andere Ursachen dabei beteiligt sind Wohl kaum bei einer andern Krankheit sind die verschiedenen mitwirkenden Faktoren so deutlich und so eingehend studiert wie hier so daß sich kaum

---

³) Liefmann u Lindemann D m W 1912 Nr 29

ein besseres Beispiel findet, in dem sich klar zeigen läßt, wie neben den obligaten Klimaeinflüssen noch eine ganze Reihe von Hilfsfaktoren in Wirksamkeit treten müssen, um die Krankheit hervorzurufen.

Lassen Sie uns die wichtigsten ins Auge fassen.

In der europäischen Literatur der letzten Jahrzehnte, besonders in Deutschland, wurde bis vor kurzem die Sommerhitze nur als indirekte Ursache der Sommercholera angesehen und diese auf *Milchverderbnis* zurückgeführt. Diese Auffassung war herrschend geworden nach dem großen Aufschwung der Bakteriologie, die zeigte, daß bei hoher Außentemperatur die Kuhmilch rasch von vielen Millionen Bakterien bevölkert und zersetzt wird. Diese Annahme wird von vorneherein durch das Verhalten der Brustkinder nahegelegt, die fast ganz oder doch überwiegend von der Sommersterblichkeit verschont bleiben.

Es war in erster Linie *Flügge*, der die proteolytischen Milchbakterien und von ihnen erzeugte Giftprodukte als Ursache der Sommerdiarrhoen anklagte. Andere beschuldigten wiederum die Streptokokken, die im Kuheuter und in der Marktmilch zahlreich vorhanden sind. Es liegt auch für den Laien nahe, die Ursache der Sommerdiarrhoen in der Milchzersetzung zu suchen. Beobachtet doch jede Hausfrau, wie die Milch in der Sommerhitze oft sauer wird und gerinnt. So fand man in einer guten Kuhmilch, die bei 15 Grad C. nach 15 Stunden 100000 Keime im cm³ enthielt, bei 37 Grad C. nach dieser Zeit 165 Millionen.

Nun waren aber alle Bemühungen umsonst, die angenommenen Gifte nachzuweisen, und die im Tierversuch giftige Milch erwies sich nach dem Kochen als ungiftig. Zudem sehen wir, daß die peptonisierenden Milchbakterien durch die Entwicklung der säurebildenden Bakterien stark gehemmt und praktisch wirkungslos gemacht werden, so daß wir unter gewöhnlichen Verhältnissen in der nicht sterilisierten Milch nur mit den säurebildenden Bakterien der Kuhmilch und nur mit der Säuregerinnung in der Sommerhitze zu rechnen haben. Die Säurebildner sind aber recht harmlos. In vielen Beziehungen wirken sie, bezw. die von ihnen erzeugte Milchsäure noch günstig. Geben wir doch die Buttermilch, d. h. eine durch starke Milchsäurebakterienentwicklung geronnene Kuhmilch, als nützliche Nahrung den magendarmkranken Säuglingen und den zartesten Frühgeborenen mit Erfolg, ja sogar bei akutem Brechdurchfall vorteilhaft als erste Nahrung noch vor Frauenmilch. In Deutschland war man in dem großen Weltkriege gezwungen, die Säuglinge oft mit einer schon sauer und geronnen eintreffenden Marktmilch zu ernähren. Störungen waren dabei nicht besonders häufig und die Sommersterblichkeit klein.

Alle diese Tatsachen zeigen, daß der *exogenen Infektion der Marktmilch* keine führende Rolle zufallen kann. Auch der Vorteil der sogenannten Kindermilch und der sterilisierten Milch zur Säuglingsernährung gegenüber der gewöhnlichen Marktmilch hat sich als recht unbedeutend erwiesen. Damit soll nicht bestritten werden, daß spontan zersetzte Milch das Auftreten von Verdauungsstö

rungen bei empfindlichen Säuglingen begünstigen kann. Die Untersuchung der letzten 20 Jahre haben aber den Schwerpunkt der Gärungsdiarrhoen nach einer andern Seite verlegt und haben gezeigt, daß wichtiger als die exogene Infektion der Nahrung die *endogene Infektion des Dünndarmes* ist.

Man ist darum in der Pädiatrie fast allgemein davon abgekommen, der Zersetzung der Kuhmilch durch die Sommerhitze eine dominierende Rolle zuzuerkennen und hat wieder mehr nach dem Einfluß anderer Faktoren geforscht und die Arbeiten älterer Autoren besser gewürdigt. Mehr und mehr erkennen wir, daß diejenigen recht gehabt haben, die der Sommerhitze eine starke direkte Einwirkung auf das Kind zuschreiben. Dabei hat sich herausgestellt, daß der Schwerpunkt nicht in den Klimaverhältnissen eines Landes an sich ruht, sondern in *der Wohnungstemperatur, dem Wohnungsklima*[4]), wenn man so sagen darf, was *Meinert* schon vor 40 Jahren überzeugend dargetan hat. Erst seit große und enggebaute Städte entstanden sind mit dichter Industriebevölkerung, hat die Sommersterblichkeit eine namhafte Entwicklung erlangt. Die Säuglingssterblichkeit im allgemeinen war früher in den rasch wachsenden Großstädten stärker als auf dem offenen Lande. Jetzt ist sie in vielen Städten dank den sanitären Einrichtungen und der bessern Belehrung der Bevölkerung kleiner geworden als auf dem Lande, aber die höhere Sommersterblichkeit der Flaschenkinder der Städte ist zum Teil noch geblieben. Sie betrifft in den Großstädten ausschließlich die dichtbewohnten Arbeiterviertel und verschont die Villenquartiere der wohlhabenden Bevölkerung. Die Kellerwohnungen sind weniger heimgesucht als die obern Stockwerke, die der Besonnung und Durchwärmung mehr ausgesetzt sind. Die Wohnungstemperatur steigt langsamer als die Außentemperatur. Sie kann aber höhere Grade erreichen, so daß man in Dachwohnungen oft schon Temperaturen von 30 Grad gefunden hat, wo sich die Außentemperatur nur mehr um 20 Grad herum bewegt hat. Am meisten gefährdet sind Städte, in denen die Nacht keine Abkühlung bringt. So erklärt sich z. B. der frühere hohe Sommergipfel von Düsseldorf gegenüber dem fehlenden in München. Ein Hauptvorteil der kleinen Städte und des offenen Landes ist es, daß die lockere Bauart, die nahen Wiesen und Wälder nachts eine Abkühlung bringen. Die engen Häusermassen der großen Städte lassen dies nicht zu.

Die Gefahr wird durch den *Mangel der Ventilierbarkeit der Wohnungen* gesteigert. So hat man in Graz festgestellt, daß von den durch Brechdurchfall heimgesuchten Wohnungen nur 15 % durchlüftbar waren. Bei herrschendem Winde nehmen die Sommerdiarrhoen ab.

Ballard hat für England (1887) ebenfalls den Einfluß der Wohnung überzeugend nachgewiesen. Er fand die Brechdurchfälle überwiegend in

4) Sicher spielt starker *Feuchtigkeitsgehalt der Luft* auch eine Rolle, ohne daß man genaueres darüber weiß.

Hausern mit behinderter Luftzirkulation so in kleinen Hausern die zwischen großen eingeschlossen waren in Hofen oder engen Gassen ebenso in Straßen die im Sommer nicht von den vorherrschenden Winden bestrichen werden konnten oder deren Hinterfront dem Winde nicht zuganglich war Der Mangel der Ventilierbarkeit machte sich besonders geltend in Hausern die Rucken an Rucken gebaut waren Diese Verhaltnisse erklaren es daß in allen Stadten gewisse Hauser und gewisse Wohnungen in den engen Arbeitervierteln vorzugsweise heimgesucht werden

Aus heißen Landern kenne ich nur Mitteilungen aus Unter agypten uber haufige Sommerdiarrhoen *Engel Bey* fuhrt diese Falle der einheimischen Bevolkerung, die bemerkenswerterweise Brustkinder betreffen auf die heißen und schlechten Wohnungen zuruck Es handelt sich um die Sudquartiere von Kairo die direkt der Sonne ausgesetzt sind, wogegen Port Said und Alexandrien die den Nordwind des Meeres haben, verhaltnismaßig verschont sind

Zu den heißen Wohnungen gesellt sich noch ein außerst wichtiger Faktor hinzu Es ist dies *die warme Bekleidung* die in den beteiligten Landern ublich ist Sicher sind die Sauglinge in unsern Klimaten wahrend eines großen Teils des Jahres warmeschutzbedurftig Unsere Wohnungen und Kleidungen sind wegen der kalten Jahreszeit allgemein auf Warmeschutz eingerichtet Nun herrscht in vielen der in Frage kommenden Lander aber die gedankenlose Sitte die Sauglinge auch im Sommer warm einzupacken zum Teil in sogen Steckbetten dazu noch mit Einlage von Gummistoffen umhullt So kann es uns nicht wundern, daß *Meinert* in Dresden an heißen Sommertagen bei so eingepackten Sauglingen oft Temperaturen bis zu 40 Grad C fand bei Kindern, die nach Aussage der Eltern noch vollig gesund waren und zu dieser Zeit auch noch keine Storungen nachweisen ließen Diese Kleidungssitte oder besser gesagt Unsitte gibt uns eine gute Erklarung, warum die Sommersterblichkeit vorherrscht in Landern mit kaltem Winter und heißem Sommer Hier wo Wohnung und Kleidung auf Warmeschutz berechnet sind, kommen viele Mutter erst allmahlich und spat in der heißen Jahreszeit dazu ihre Sauglinge leichter zu kleiden So mochte ich es auch erklaren, daß ich fruher in Basel in einzelnen Jahren auffallig haufig im Mai schwere Brechdurchfalle sah, wenn sich namlich am Schlusse des Winters rasch und unvermittelt starke Hitze einstellte, wogegen der heiße Sommer weniger akute schwere Schadigungen nachbrachte Daß im Hochgebirge keine erhohte Sommersterblichkeit besteht und auch nie bestanden hat, trotz der warmen Sauglingskleidung erklart sich ohne weiteres

Nahe im Zusammenhang mit der verstandnislosen warmen Bekleidung der Sauglinge im Sommer stehen sonstige *Pflegemangel* die wiederum am starksten die Proletarierfamilien betreffen Vorzugsweise solche, deren Frauen tagsuber auswarts auf Arbeit gehen Deren Kinder, die schon in der kuhlen Jahreszeit vermehrte Storungen aller Art erwerben und eine erhohte Sterblichkeit aufweisen sind im Sommer besonders gefahrdet und erleiden wegen mangelnder

Pflege und Reinlichkeit manche Infektion, z. B. Furunkulose und Entzündungen der Harnwege, die sich bis zu allgemeiner Sepsis entwickeln können.

Noch *andere soziale Momente* gelangen zur Auswirkung. Die Sommersterblichkeit in Europa war am stärksten in den letzten Dezennien des vorigen Jahrhunderts, zur Zeit des raschesten Wachstums der Großstädte, verbunden mit der überhandnehmenden Industrialisierung und der Abnahme des Stillens. Zugleich in einer Zeit, wo die Fruchtbarkeit der Bevölkerung noch groß war. Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts, lange vor dem großen Kriege, hat die willkürliche Beschränkung der Geburtenzahl eine bedeutende Verbreitung erlangt und hat sich in ungeahntem Maße gesteigert. Damit hat auch die Sommersterblichkeit keinen wesentlichen Grad mehr erreicht. Ich selbst habe in den Städten meiner Tätigkeit, Basel (1891—1906), Heidelberg und Zürich, nur in Basel in einzelnen Jahren noch eine deutliche Sommersterblichkeit erlebt. Nach 1911 haben die Schweizer Städte auch viele andere Städte in Deutschland und im übrigen Europa keinen Sommergipfel mehr aufzuweisen [5]). Es kann dies nicht durch die geringern Sommertemperaturen erklärt werden. In frühern Zeiten, am Ende des vorigen Jahrhunderts, hatte Berlin an heißen Tagen oft noch eine Säuglingssterblichkeit von 100 und mehr, so 1889 an einem Tage 141 Todesfälle. 1911, in dem ungemein heißen Sommer, betrug das Maximum an einem Tage 60. Die Geburtenzahl in Berlin sank von den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts bis vor dem großen Kriege von 41,4‰ auf 20,6 ‰, die Säuglingssterblichkeit im gleichen Zeitraum von 32% auf 14,5%.

Die im allgemeinen wie im Sommer stark sinkende Säuglingssterblichkeit darf man weniger auf die Fortschritte der öffentlichen Hygiene zurückführen als auf die verminderte Geburtenzahl. Wenn eine Mutter nur 1—2 Kinder zu besorgen hat, so kann sie ihnen weit mehr Aufmerksamkeit und Pflege zuwenden, als wenn sie jedes Jahr ein Neugeborenes in der Wiege liegen hat. Dabei wollen wir die günstigen Folgen der vermehrten Säuglingsfürsorge keineswegs unterschätzen. Charlottenburg hatte im heißen Sommer 1911 keine vermehrte Sommersterblichkeit, wenn auch vermehrte Sommerdiarrhoen auftraten. Kleine Geburtenzahl, im allgemeinen bessere Wohnungsverhältnisse und besonders die stark ausgebaute Säuglingsfürsorge erklären das erfreuliche Ergebnis.

Noch ist ein weiterer Punkt in der Pathogenese der Sommercholera zu erwähnen. *Genersich* hat gezeigt, daß Säuglinge im Wickelkissen im allgemeinen nach 2 Stunden bei einer Zimmertemperatur von durchschnittlich 24 Grad C anfangen, erhöhte Temperaturen zu zeigen. Säuglinge, die nicht eingepackt im Wärmezimmer lagen,

[5]) In Berlin fiel nach Kalendervierteljahren gerechnet der Höhepunkt der Säuglingssterblichkeit 1900—1912 noch stets ins 3. Kalendervierteljahr. 1914—1922 nur noch 2mal, nämlich in den heißen Sommern 1914 und 1917. (Vierteljahrsbericht des Statist. Amtes der Stadt Berlin 1923.)

erst bei einer Temperatur von 28—30 Grad. *Rietschel* gibt an, daß ernährungsgestörte Säuglinge bei hoher Zimmertemperatur leichter als gesunde mit erhöhter Körpertemperatur reagieren. Worauf dies beruht, ist schwer zu sagen. Da sich nicht immer Darmstörungen einstellen, darf man die erhöhte Temperatur nicht ohne weiteres auf Gärungen im Magendarmkanal zurückführen. Die Hitze schädigt den Allgemeinzustand und damit *die Immunität des Kindes*, offenbar auch die Wärmeregulation (übrigens stellt sich bei den Störungen durch die Sommerhitze nicht immer erhöhte Körpertemperatur ein *(Rietschel)*. Aehnliches erlebt man ja auch bei empfindlichen Erwachsenen. Bei hoher Außentemperatur wird die peptische Kraft und das Labvermögen des Säuglingsmagens geschädigt, die Salzsäureproduktion vermindert. Dadurch wird die endogene Infektion des Dünndarmes begünstigt. Um so eher, als viele Mütter den Durst ihrer Säuglinge im Sommer verkennen und dem gierig saugenden Kinde statt Wasser oder Thee vermehrte Nahrung zuführen. So kann Ueberhitzung des Flaschenkindes auch bei unverdorbener Milch zu Diarrhoe und Brechdurchfall führen.

Ueberblicken wir die Ergebnisse der Forschungen über die Ursachen der Sommersterblichkeit insgesamt, so muß man diese ohne Zweifel zu den Klimakrankheiten rechnen. *Aber nur unter ganz extremen Hitzeverhältnissen, wie sie am ehesten in den Vereinigten Staaten vorkommen, darf man in der Hitze allein die Ursache erblicken. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle besteht ein ganzer Komplex von Ursachen.* Es wirken mit die Verhältnisse des modernen Kulturlebens, vor allem Wohnung, Kleidung, künstliche Ernährung und Pflege. Bei Ausschaltung dieser mannigfachen schädigenden Faktoren läßt sich die Sommersterblichkeit vermeiden.

Gestatten Sie mir nun noch die Beziehungen einer andern Kinderkrankheit zum Klima zu streifen, die dazu besonders verlockend erscheint. Es ist dies *die Rachitis*, also sozusagen eine spezifische Kinderkrankheit. Ihr Wesen ist noch unbekannt. Es handelt sich um eine Stoffwechselstörung, die durch verschiedene äußere Schädigungen unseres Kulturlebens (unrichtige Ernährung, schlechte Wohnung, Mangel an Licht) mit experimenteller Sicherheit zur Entwicklung gelangt. Die Kenntnisse über die geographische Verbreitung sind noch dürftig und widersprechend, soviel ist aber sicher, daß in allen Kulturländern sie ungeheuer verbreitet ist, bei den wilden Völkern und in den sonnenreichen Tropen zurücktritt oder fehlt. Ueber die Verhältnisse im einzelnen sind wir noch mangelhaft unterrichtet. Es besteht für das subjektive Urteil ein großer Spielraum, je nachdem man die zahllosen leichten Fälle berücksichtigt oder übersieht. Es besteht z. B. auch keine Einigkeit unter den deutschen Kinderärzten, ob die Rachitis im großen Weltkriege zugenommen hat oder nicht.

Vor langen Jahren habe ich mich bemüht, einen persönlichen Einblick in die geographische Verbreitung der Rachitis zu gewin-

nen[6]). Veranlassung dazu war die Angabe des Davoser Arztes *Volland*, der die Rachitis als in Davos unbekannt erklärte (1885). Ich habe bei den Schweizer Aerzten eine Sammelforschung unternommen und habe persönliche Untersuchungen der Kleinkinder auf Rachitis bei der armen Bevölkerung in Davos und in den Ortschaften des Oberengadins gemacht. Damals habe ich gefunden und später an andern Orten bestätigt, daß auch in den höchstgelegenen Dörfern unserer Alpen Rachitis vorkommt, allerdings entschieden seltener und besonders in schwächerm Grade als im Tieflande. Bei den in Davos (1600 m) geborenen Kindern waren hauptsächlich die Familien der eingewanderten Handwerker behaftet. Wichtig schienen mir dabei deren schlechte und ungünstige Wohnungen gewesen zu sein. Eine Einschleppung aus dem Tiefland, die man vermutete, etwa auf infektiöser Basis, möchte ich ausschließen, da auch Familien beteiligt waren, die, so lange man wußte, die Gegend bewohnten, jedenfalls seit einigen Generationen. Auch die höchsten Lagen sind nicht verschont. So traf ich selbst auf dem Albulahospiz (2315 m) ein rachitisches Kind, das den einheimischen Wirtsleuten gehörte, dort oben geboren war und immer dort gelebt hatte. Allerdings war das 3jährige Kind in jener rauhen Gegend nur wenig ins Freie gekommen.

Die Aerzte des Hochgebirges bestätigten durchwegs meine Beobachtungen, daß dort die Rachitis nur selten und nur in schwacher Form vorkommt. So lernen die Kinder dieser Gegenden durchschnittlich früh frei gehen. In Pontresina (1800 m) versicherte mir die Frau eines Bergführers, daß von ihren 10 Kindern 4 mit 9 Monaten frei laufen konnten. Nach den Aufzeichnungen von *Neumann*[7]) gehen die Kinder in Arosa (1850 m) durchschnittlich mit 13 Monaten frei. In gleichem Sinne spricht die Seltenheit oder das Fehlen des *Spasmus glottidis* der kleinen Kinder im Hochgebirge nach übereinstimmenden Angaben der Aerzte in Davos, Arosa und Engadin.

Was die Verbreitung der Rachitis in andern Ländern und bei andern Völkern anbelangt, so seien hier nur *die Neger* und *die Italiener* berücksichtigt. Nach Berichten vieler Autoren, ich verfüge auch über persönliche von Missionsärzten, sind die Neger in Afrika, die noch unter ihren natürlichen Bedingungen leben, frei von Rachitis. Dagegen sind die Negerkinder in Nordamerika, selbst in den Südstaaten, schwer behaftet, ungleich schwerer als die weißen Kinder jener Länder. In Afrika leben die Neger fast ganz im Freien und das ganze Jahr hindurch an der Sonne, in Amerika in schmutzigen, dunkeln und engen Wohnungen. In Zürich, auch in andern Städten Zentraleuropas sieht man die schweren Fälle von Rachitis überwiegend bei Italienerkindern. Auch hier muß man die engen, überfüllten Wohnungen anschuldigen und die Furcht der Italiener, ihre Kinder in unsern Klimaten bei nicht ganz gutem Wetter hinauszubringen.

6) Zur geogr. Verbreitung und Aetiologie der Rachitis. (Festschrift f. Hagenbach-Burckhardt. Verlag Sallmann, Basel u. Leipzig 1897.)

7) D. m. W. 1909, Nr. 49.

Man darf es wohl als Tatsache bezeichnen, daß die Rachitis in sonnigen warmen Klimaten, sofern das Wohnungsklima keine große Rolle spielt, nicht zur Entwicklung gelangt Im Hochgebirge wirken die intensive Sonnenbestrahlung und gewiß auch der verminderte Sauerstoffpartialdruck gunstig und sind sogar imstande, die schadliche Wirkung des lange dauernden Aufenthaltes in den durchaus nicht idealen Wohnungen aufzuheben oder doch zu mildern Vermutlich besteht dabei eine Reizwirkung des Hohenklimas auf Blut und Knochenmark im Sinne der Rachitisverhutung, wie auch Rachitis im Hohenklima gut heilt Eine Bestatigung der ausgezeichneten Wirkung der Sonnenbestrahlung an sich gibt der sichtliche Erfolg systematischer Sonnenbader bei dieser Krankheit im Tieflande, sodann der Quarzlampe, deren ultraviolette Strahlen eine uberraschend schnelle Heilung erzielen Die Stoffwechselversuche bei Kindern und die Experimente an Tieren haben dies in den letzten Jahren vielfach erhartet wie wir es auch aus den Arbeiten von Prof *Sonne* gehort haben

Es liegt nahe das Hochgebirge zur Behandlung der Rachitis zu empfehlen Im allgemeinen erubrigt sich dies Die Rachitis ist in ihren schweren Formen nur bei der armen Bevolkerung zu finden und ist so verbreitet, daß die Mittel zu so zahlreichen Hohgebirgskuren nicht aufzubringen waren Sodann besitzen wir im Tiefland sichere Mittel zur Heilung Aufenthalt in guter Luft, im Freien und in der Sonne, richtige Ernahrung Es wird noch vielfach nicht genugend beachtet, daß ubermaßige Milchnahrung und Mangel an Gemuse und Obst eine der wichtigsten Ursachen abgeben Treffliche Mittel sind Lebertran und Quarzlampe Es ist bemerkenswert daß in Zurich unter dem Einfluß der gebesserten hygienischen Verhaltnisse schwere Falle selten geworden sind, so daß wir oft Muhe haben, geeignete Patienten fur die zurcherische Heilstatte in Aegeri zu finden, die vor 50 Jahren speziell fur Rachitische gegrundet wurde Gerade diese Anstalt bietet nachdrucklich den Beweis, daß viel Genuß von freier Luft und Sonne, noch unterstutzt von einer hohern Lage (750 m) die Rachitis sehr wirksam bekampft Die guten Erfolge dieser Anstalt beweisen um so mehr den Nutzen der Freiluft und Sonnenbehandlung in hoherer Lage als solche dort auch schon fruher bei starker Milchuberfutterung erzielt wurden, bei Milchmengen (1—2 Liter im Tag), die zum Beispiel in Zurich die Heilung ganz hintangehalten hatten

Da wir hier das therapeutische Gebiet betreten haben, so erlauben Sie mir noch zum Schluß einige ganz kurze praktische Bemerkungen uber die *Anwendung klimatischer Kuren* bei Kindern Der Ort unserer Tagung mag es erklaren, wenn ich in erster Linie das Hochgebirge ins Auge fasse [8])

[8]) Ausfuhrlich habe ich die Einwirkung des Hohenklimas behandelt in der Schweiz Med Wschr 1921 Nr 19

Die hervorragenden Erfolge des Hochgebirgsklimas bei *Tuberkulose jeder Art* sind so unbestritten, daß es genügt sie zu erwähnen. Die Arbeiten von *Bernhard* und *Rollier* geben einen eindrucksvollen Beweis für die ausgezeichneten Erfolge bei der Tuberkulose der Knochen und Gelenke, der Bronchialdrüsen und der Skrofulose.

Trefflich sind die Erfolge bei allgemeiner *schwacher Konstitution*, bei schlaffen Kindern mit asthenischem Habitus, schlecht entwickeltem Thorax, bei verzögerter Rekonvaleszenz nach den verschiedensten Krankheiten.

Ferner ist zu nennen die *exsudative Diathese* in ihren mannigfachen Aeußerungen, vor allem bei pastösem Habitus, auch bei vielen Ekzemen, bei Neigung zu Katarrhen. Unübertroffen sind die Erfolge des Hochgebirges bei *Asthma*.

Die *Neuropathie* in ihren mannigfachen Formen erfährt oft Besserung oder Heilung.

Ein besonders dankbares Gebiet sind die verschiedenen Formen der *sekundären Anämien*, leicht erklärlich durch die günstigen Bedingungen der verbesserten und beschleunigten Blutregeneration im Höhenklima.

Sonst sind im einzelnen die Kurerfolge nicht leicht klar zu legen. Die verschiedenen in Frage kommenden Faktoren sind auf dieser Tagung schon so einläßlich behandelt worden, daß ich nicht darauf einzugehen brauche. Aber ebenso oder fast ebenso wichtig als das Klima sind andere, *nicht spezifische Faktoren*: das Aussetzen der Schule, der Milieuwechsel, die Trennung von ängstlichen oder aufgeregten Eltern, die neuen und anregenden seelischen Eindrücke, eine richtigere Ernährung usf.

Die *Akklimatisation* der Kinder stößt bei ihrer elastischen, reaktionsfähigen Natur auf keine Schwierigkeiten. Im Gegensatz zum Erwachsenen sind Akklimatisationsbeschwerden sozusagen unbekannt. So erübrigt sich auch bei der Reise ins Hochgebirge eine Zwischenstation, die nach meinen Beobachtungen auch bei vielen Erwachsenen nur psychisch bedingt ist, nämlich bei solchen, die an ihre Notwendigkeit glauben. Das Hochgebirge stellt allerdings ein Reizklima dar, das noch Reserven und Reaktionsfähigkeit verlangt, so daß man ganz elende und schwer anämische Kinder nicht hinbringen soll. Aber selbst ganz junge gesunde Säuglinge und sehr schwächliche ältere Kinder erleiden durch die Transferierung keinen Nachteil. Allerdings müssen sie in der ersten Zeit ganz ruhig gehalten werden.

Immer ist zu entscheiden, wo und wie lange *Schonung* nötig ist und wo und wann *Uebung* Platz greifen darf. Es ist dies überhaupt eine der schwierigsten und wichtigsten Fragen der Therapie. Es ist stets zu bedenken, daß das Höhenklima schon in der Ruhe ein Uebungsklima darstellt. Immerhin wird bei vielen Hochgebirgskuren nach meiner Ansicht bei Kindern oft zu lang im Stadium der Schonung beharrt. Am ehesten erlebte ich ungünstige Erfolge bei

sehr reizbarem Nervensystem. Solche Kinder werden oft aufgeregt, schlaflos, schlechter Laune und lassen die vermehrte Eßlust vermissen, die sich bei normalen im Beginn des Hochgebirgsaufenthaltes einstellt. Diese Kinder ertragen oft gar keine Sonnenbäder, die ja sonst eines der besten und kräftigsten Heilmittel darstellen. Es handelt sich vielfach um Konstitutionen, die auch schon zu Hause Reizmittel, zum Beispiel kalte Waschungen, schlecht ertragen haben.

Winterkuren wirken im allgemeinen besser als *Sommerkuren*. Es ist dies leicht verständlich, da die Kinder dabei meist einem nebligen und nassen Tiefenklima entzogen werden, wo der Sommer relativ gut ist, und in Sonne und Schnee den anregenden und stärkenden Wintersport betreiben können.

Mit Ausnahme von Asthma und Tuberkulose genügen oft schon 1—2 Monate, um gute Erfolge zu erzielen. Nach meinen Beobachtungen wirken mehrmalige jährlich wiederholte Kuraufenthalte von einigen Wochen oder Monaten in vielen Fällen besser, als wenn die gleiche Zeit ohne Zwischenpause oben zugebracht wird. Der Organismus empfängt bei jedem neuen Aufenthalt wieder einen frischen Impuls.

Nun machen wir aber die Erfahrung, daß bei den meisten Zuständen und Krankheiten, Tuberkulose und Asthma ausgenommen, ähnliche oder gleich gute Erfolge wie im Hochgebirge erzielt werden im *Mittelgebirge* oder *an der See*, selbst in günstigen waldreichen Gegenden des *Tieflandes*. Wir Aerzte der Städte sind am besten in der Lage, hier ein Urteil abgeben zu dürfen, besser als die Aerzte der Kurorte, welche die häuslichen Verhältnisse nicht kennen und keine Vergleiche ziehen können mit den Erfolgen an andern Orten. Es geben also nicht spezifische Faktoren der einzelnen Kurorte ausschließlich den Ausschlag, sondern auch solche, die den betreffenden Orten gemeinsam zukommen. Ohne weiteres erklärlich sind natürlich die guten Erfolge eines beliebigen Kurortes bei Kindern, deren Wohnung und Ernährungsverhältnisse zu Hause mangelhaft waren. So sehen wir schon hervorragende Wirkungen in den einfachen *Ferienheimen* und *Walderholungsstätten*. Ich sah solche auch in einem Kinderheim an der Peripherie von Basel, das Kinder aus den schlechten Wohnungen der engen Altstadt aufnahm.

Eine hervorragende Bedeutung kommt der *Ernährung* zu, die beim Kinde häufiger fehlerhaft ist als bei Erwachsenen und in den Folgen schwerwiegender. So sehen wir selbst im Hochgebirge bei unrichtiger Ernährung schwere Anämien sich entwickeln. Vor einigen Jahren wurde ein 3jähriges elendes Knäblein von wohlhabenden Bauern aus einem hochgelegenen Dorf Graubündens (1400 m) in unsere Klinik gebracht. Es war seit 2 Jahren so schwach geworden, daß es nicht mehr sitzen konnte. Seine Nahrung hatte großenteils aus Milch und Brot bestanden. Der leichenblasse Knabe hatte noch 2,3 Millionen rote Blutkörperchen und 18% Hämoglobin. Bei völligem Ausschluß der Milch und bei gemischter Kost unter Zugabe

von Eisen erfolgte in Zurich in 4 Monaten eine glanzende Heilung mit 75% Hamoglobin und 6,8 Millionen roten Blutkorperchen.

Die unvermeidlich neben den Klimaanderungen erfolgenden sonstigen Aenderungen erklaren es, daß wir zwar durch die ausgezeichneten Arbeiten unserer Klimaforscher uber die einzelnen Klimate in vielen Punkten schon gut orientiert sind, gerade uber das Hochgebirge, daß wir aber noch weit davon entfernt sind die Einwirkung der einzelnen Klimate auf den kranken Menschen und auch auf das kranke Kind genau zu kennen und scharfe Indikationen aufstellen zu konnen. *Hochgebirgs-* und *See*klima stellen beide *Reizklimate* dar. So ist es begreiflich, daß ihre Indikationen zum Teil ubereinstimmen. Eines scheint mir sicher zu sein, daß bei Tuberkulose auch bei solcher der Drusen und Knochen und bei Asthma dem Hochgebirge die besten Erfolge zuzusprechen sind, daß dagegen bei Neigung zu Katarrhen der obern Luftwege das Seeklima besser wirkt.

Kuren im Hochgebirge und am Meer werden immer nur einem kleinen Teil der Menschen zuganglich sein. Es stehen uns aber noch die klimatischen Hilfsmittel des Mittelgebirges und Tieflandes zur Verfugung, die lange nicht in genugendem Maße ausgenutzt sind und auf welche doch die meisten Menschen beschrankt bleiben. *Luft* und *Sonne* und ich mochte hinzufugen das *Wasser* in der richtigen Anwendung in und außerhalb des Hauses am Wohnort sind in ihrer Wichtigkeit noch zu wenig gewurdigt und doch glucklicher Weise fast uberall in genugender Menge vorhanden oder zu beschaffen, um gunstige Lebensbedingungen fur Gesunde und selbst Kranke zu erzielen. Noch fehlen aber vielfach Verstandnis und Mittel, um sie der Allgemeinheit in vollem Maße nutzbar zu machen. Lassen sie uns Aerzte daran mitarbeiten, uberall auch in den Stadten der Gesundheit und Kraft spendenden reinen Luft und Sonne Geltung und Anwendung zu verschaffen. Die großen Vorzuge des Hochgebirges und des Meeres bleiben immer noch bestehen. Wir anerkennen sie freudig und dankbar!

(Aus den Arbeiten des čsl. Staatsinstitutes für Kindertuberkulose in Dolní Smokovec in der hohen Tatra. Šrobár Institut.)

Der Einfluß des Höhenklimas auf das Wachstum der Kinder[1])

Von Dr. *Josef Mikoš*

Diese Arbeit war ursprünglich in kleinerm Maßstab beabsichtigt zur Feststellung der Vorzüge des in der tschechoslowakischen Republik einzig dastehenden Höhenklimas der Hohen Tatra im Vergleich zu den übrigen klimatischen Bezirken, besonders dem Klima der Niederungen und niedrigern Bergzüge, welche in der Republik vorherrschen. Die befriedigenden anfänglichen Ergebnisse über den Einfluß der einzelnen klimatischen Elemente führten zu einer detaillierten Analyse in dieser Richtung. Die Analyse führte zur Erkenntnis des Prinzips vom Einfluß der klimatischen Elemente, und zwar so, daß diese Prinzipien bis zur Grenze gesetzmäßiger Zusammenhänge reichen und derart retrospektiv vieles auch in den lokalen Schattierungen des Klimas aufhellen, was sonst unbekannt geblieben wäre.

Auffallend in den Statistiken des Šrobár'schen Instituts war die Erscheinung, daß die wöchentlichen Beträge der durchschnittlichen Gewichtszunahme der Patienten keineswegs einen idealen, gleichmäßigen Verlauf, sondern erhebliche Schwankungen aufwiesen.

Da die graphische Darstellung zahlreiche auffallende Zusammenhänge mit den atmosphärischen und klimatischen Elementen zeigte, wurde eine detaillierte Bearbeitung in einer Richtung durchgeführt, die den Einfluß des Höhenklimas der Tatra genauer klarlegen sollte. Zu diesem Zweck wurden die Reihen der wöchentlichen mittlern Gewichte so berechnet, daß für jede Woche im Jahr der mittlere Betrag der Gewichtszunahme (eventuell -abnahme) pro Kopf festgestellt wurde.

Nach dem Muster des Sanatoriums des Trudeau wurden ferner die wöchentlichen Prozentzahlen der Zunahme, der Abnahme und die Prozente der unveränderten Gewichte berechnet, die statistisch viel

1) Unter Wachstum wird in dieser Arbeit grundsätzlich Gewichtszunahme verstanden.

Interesse bieten. Für die wissenschaftliche Behandlung in klimatologischer Richtung war jedoch diese Methode nicht so durchsichtig wie die Methode der mittlern Zunahme gleich der Intensität des Wachstums [1]).

Da die Beträge der körperlichen Gewichtszunahme für kürzere Perioden als eine Woche nur sehr schwierig und auf Kosten der Genauigkeit der Ergebnisse sichergestellt werden konnen, wurden die Reihen der meteorologischen Elemente so angeordnet und durchgerechnet, daß sie homogen korrelative Reihen zu den Beträgen bilden, welche die Gewichtschwankungen angeben. Diese Anordnung für die Korrelation erwies sich als fruchtbringend und brachte bemerkenswerte Ergebnisse. (Als Jahreszeiten wurden verwendet: Für den Frühling der April bis Juni, für den Sommer der Juli bis September, als Herbst der Oktober bis Dezember, als Winter der Januar bis März, somit ganze Monate und nicht Zeiträume, welche mit dem 21. oder 23. Monatstag endeten.)

Die klimatologischen Elemente wurden in jener Reihenfolge vorgenommen, die ihrer deutlichen und klaren Wirksamkeit auf das Wachstum entspricht. Hinsichtlich der Wirksamkeit ordnen sich als nahezu gleichbedeutend die Feuchtigkeit, die Temperatur und der Sonnenschein, ferner in absteigender Reihenfolge die Elemente, wie sie weiter angeführt sind, mit Ausnahme des Einflusses der atmosphärischen Zirkulation, welche gleich nach den erst angeführten Elementen hätte kommen sollen, jedoch aus methodischen Gründen weiter nach rückwärts verlegt wurde.

(Für den Sonnenschein und die Sonnenstrahlung wären noch detaillierterer Daten notwendig gewesen, und zwar nicht nur über die Gesamtstrahlung, sondern auch die Teilstrahlung für die einzelnen Teile des Spektrums, doch standen diese für den angeführten Zeitraum leider überhaupt nicht zur Verfügung [2]). Es kamen sonst nur die Angaben des *Campbell Stokes*'schen Heliographen und Bewölkungsbeobachtungen zur Verwendung.)

Beim Vergleich der Korrelationsreihen ergab sich stets nur das Ueberwiegen eines klimatischen Elementes über die andern, ohne daß sich ihre Wirkungen streng voneinander trennen lassen. Stets sind in einem bestimmten Zusammenspiel alle meteorologischen Elemente harmonisch wirksam. Es wirkt somit nicht nur die atmosphärische Temperatur ohne Sonnenschein und ohne Einfluß der Feuchtigkeit. Aehnlich ist eng und harmonisch die Windstärke mit der Verdunstung, der Feuchtigkeit, der Temperatur usw. verknüpft.

Die Analyse wurde dadurch ermöglicht, daß es in den Reihen und Deduktionen den einzelnen Elementen freigestellt wurde, über die übrigen in ihrer Wirksamkeit auf die Intensität des Wachstums zu überwiegen, und erst dann wurde sukzessive synthetisch beobach

---

[2]) Erst für das Jahr 1924 und 1925 werden Angaben über die Gesamtstrahlung nach einem Voloschin Aktinometer zur Verfügung stehen.

tet, wie die Gesamtharmonie der Elemente auf das atmosphärische Wechselspiel (Zyklonen Antizyklonen Wärme und Kältewellen) einwirkt und schließlich der gesamte relativ harmonische Einfluß der klimatischen Jahresschwankung

Der Einfluß der klimatischen Elemente auf das Wachstum der Kinder — hier sind das die Patientenzöglinge in der Hohen Tatra

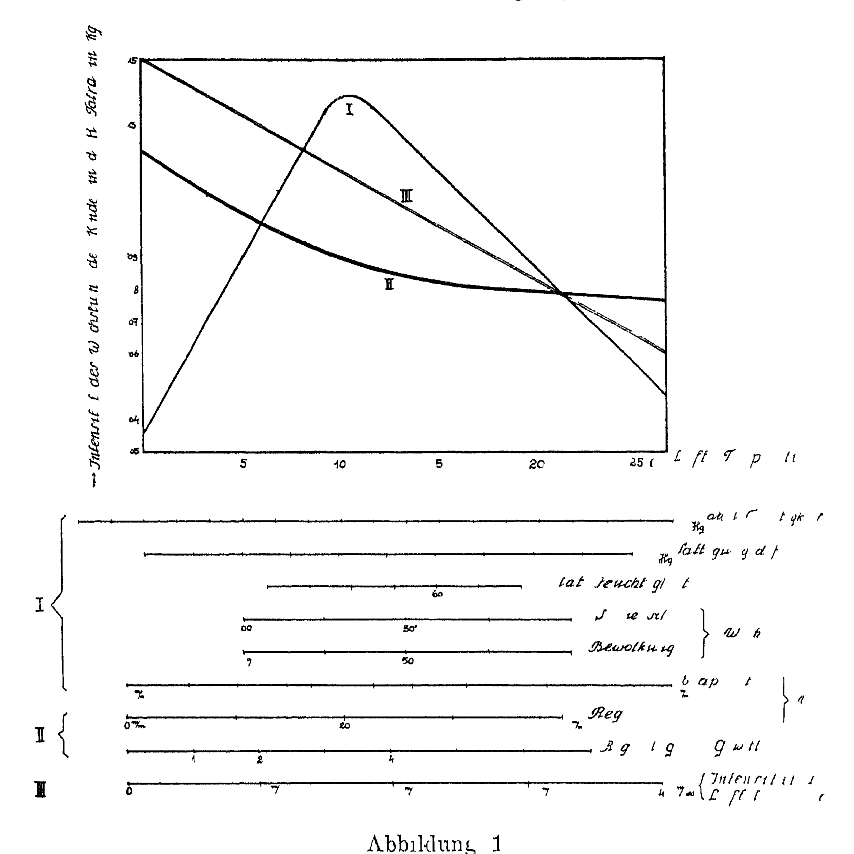


Abbildung 1

Einfluß der klimatischen Elemente auf das Wachstum der Patientenzöglinge im Srobar Institut Hohe Tatra 900 m Tschechoslowakei

— kann auf Grund genauer Analysen (19,000 Fälle) sehr präzise definiert werden (Abbildung Nr 1) Das Prinzip des Zusammenhanges ist ein dreifaches, respektive mit Rücksicht auf seinen Charakter nur zweifaches

1 Eine Abhängigkeit bei welcher Einfluß und Wirkung der atmosphärischen Elemente proportional zu den steigenden oder sinkenden Werten der klimatischen Elemente zunehmen bis zu einem bestimmten Grenzwert gleich dem Optimum auf welches ein Rückgang (eine

Abnahme) des günstigen Einflusses erfolgt, trotz proportional weiter steigender oder sinkender Werte der Elemente.

Vor dem Optimum kann man von einem gewissermaßen positiven, nach dem Optimum von einem negativen Einfluß reden. Hierher gehören die Elemente: Feuchtigkeit, Lufttemperatur, Sonnenschein und Bewölkung, Verdunstung, desgleichen Schwankung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit.

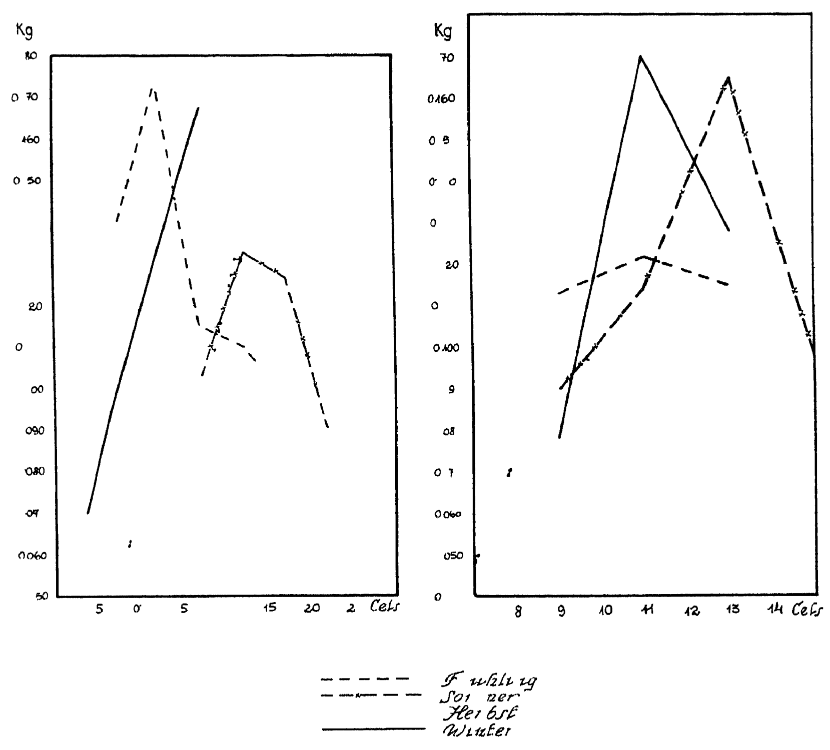


Abbildung 2
Lufttemperatur und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Abbildung 3
Die Tagesschwankung der Lufttemperatur und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

2. Gleichförmiger Zusammenhang innerhalb der Grenzen der ganzen klimatischen Schwankung des betreffenden Elementes. Je weiter die Werte der atmosphärischen Elemente ansteigen, um so mehr steigt, respektive sinkt ihr Einfluß und umgekehrt.

a) Niederschläge, Regentage (umgekehrt Trockentage), wo die Reaktion des Wachstums auf eine geringere Niederschlagsmenge und Anzahl von Niederschlagstagen relativ groß ist, indem das Wachstum rasch abnimmt, worauf bei weiter steigendem Betrag des betreffenden

Elementes die Reaktion allmählich abnimmt, die Intensität des Wachstums also im langsamern Tempo vor sich geht

b) Intensität der atmosphärischen Strömung je größer diese ist, um so proportional ungünstiger ist der Einfluß auf die Intensität des Wachstums, je schwächer, um so günstiger

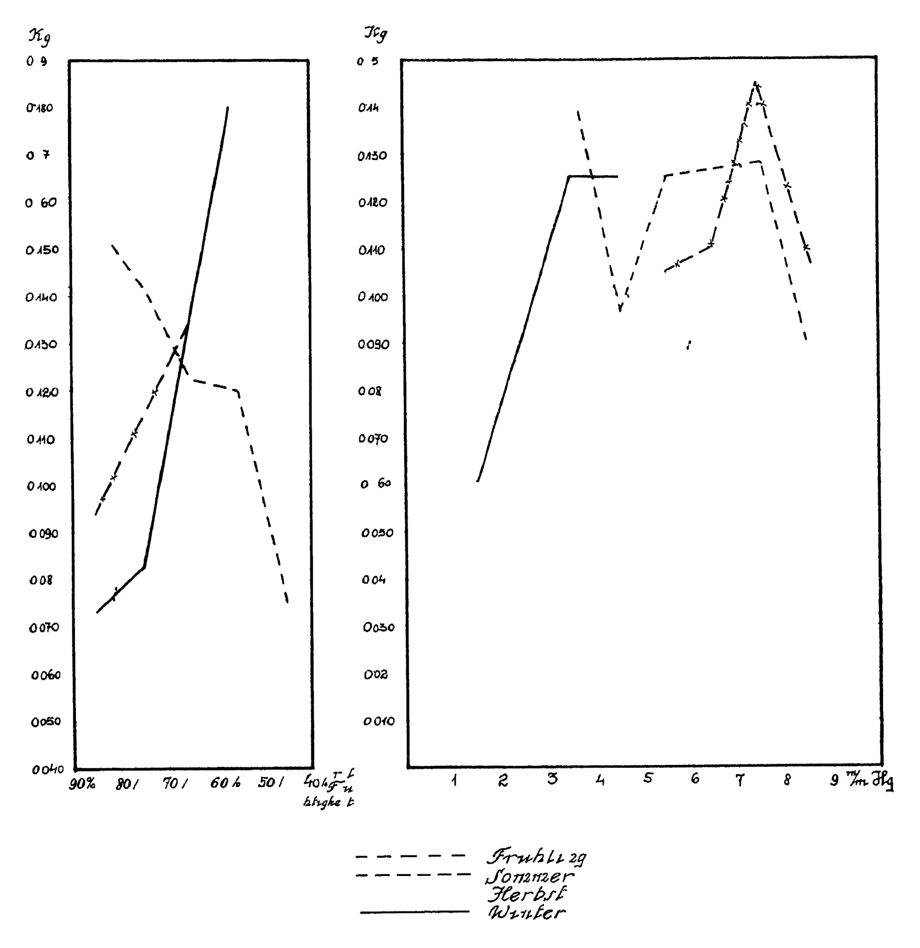


Abbildung 4
Relative Feuchtigkeit u Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Abbildung 5
Absolute Feuchtigkeit und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Die Wirkung der einzelnen Elemente ist im Detail folgende

Einfluß der Lufttemperatur (Abbildung Nr 2) Je höher diese ist, um so größer ist die Intensität des Wachstums von den tiefsten Werten unter Null die im Klima der Hohen Tatra überhaupt exi

steigen bis zu optimalen Grenzwerten Die optimale Temperatur fur das Wachstum der Kinder schwankt zwischen 25 ° C im Fruhjahr und 15 ° C im Sommer, von welchem Warmegrad an ein gegenteiliger Einfluß eintritt Der mittlere optimale Grenzwert fur den unbekleideten menschlichen Korper ist die Lufttemperatur 10 ° C, gleich der

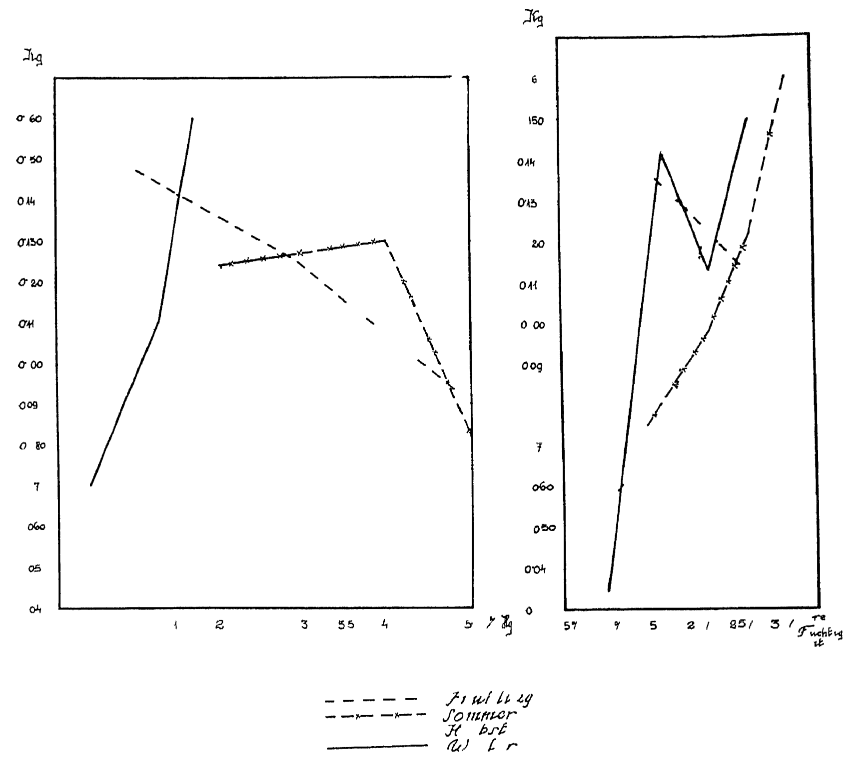


Abbildung 6
Sattigungsdefizit und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Abbildung 7
Tagesschwankung der relativen Feuchtigkeit und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Fruhlingstemperatur Was die Schwankung (Abbildung Nr 3) der Lufttemperatur anbelangt, so ist im Herbst am gunstigsten die Schwankung von 9 ° C, im Winter und Fruhling von 11 ° C im Sommer von 13 ° C Großere Werte der Tagesschwankung bedeuten einen ungunstigern klimatischen Einfluß durch Stimulation geringere Schwankungswerte gleichfalls einen ungunstigern Einfluß durch Temperierung

Feuchtigkeit a) Relative Feuchtigkeit (Abbildung Nr 4) Je geringer die relative Feuchtigkeit um so gunstiger der klimatische

Einfluß auf die Wachstumsintensität. Im Frühjahr tritt hier eine Ausnahme ein, indem die niedrigsten Feuchtigkeitswerte ein Pessimum für das Wachstum darstellen. Im Frühling herrscht also ein negativer Feuchtigkeitseinfluß auf das Wachstum vor, so daß hier bei größerer relativer Feuchtigkeit die Wachstumsintensität zunimmt. b) Absolute Feuchtigkeit (Abbildung Nr. 5). Je größer diese ist, desto intensiver das Wachstum (mit Ausnahme des Frühjahrs) bis zum Betrag von 8 — 9 mm Hg Dampfdruck, der somit als Schwülegrenze im Gebiet der Hohen Tatra aufgefaßt werden kann. c) Sättigungsdefizit (Abbildung Nr. 6). Je größer dasselbe, um so günstiger der Wachstumseinfluß bis zum Betrag von 2 mm, wo das Optimum liegt, von da an gegensinnige Wirkung. d) Schwan-

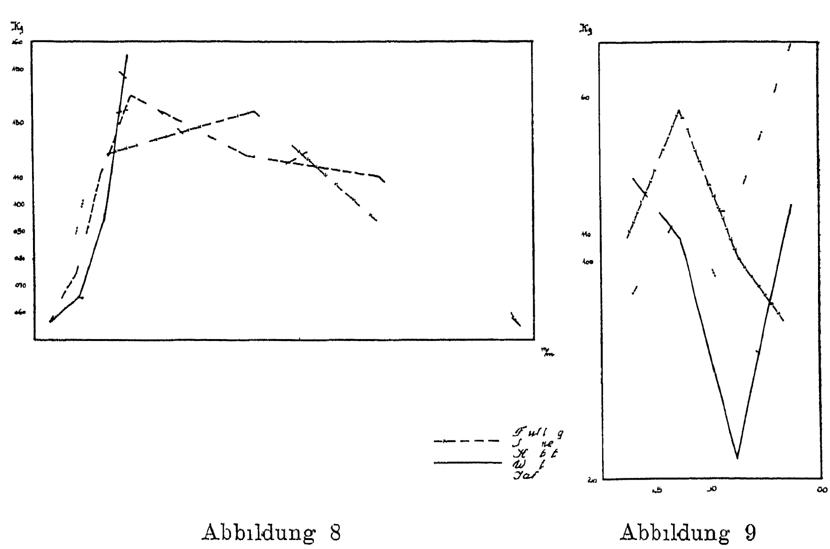


Abbildung 8
Verdunstung und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Abbildung 9
Bewölkung (Sonnenschein) u. Wachstum der Kinder in d. Hohen Tatra

kung der relativen Feuchtigkeit (Abbildung Nr. 7). Je größer die Tagesschwankung, um so günstiger die Stimulationswirkung auf das Wachstum; gegensinnige Ausnahme in der Frühlingszeit.

Die Verdunstung[3]) (Abbildung Nr. 8) hat einen ganz ähnlichen Einfluß wie das Sättigungsdefizit: je größer sie ist bis zu 3,5 mm Verdunstung pro Woche, um so größer die Wachstumsintensität. Der angegebene Wert bildet ein Optimum, von dem aus die Wirkung umgekehrten negativen Charakter hat. Bei weiterer Zunahme der Verdunstung sinkt nämlich die Wachstumsintensität.

[3]) Gemessen mit einem Wild Evaporimeter.

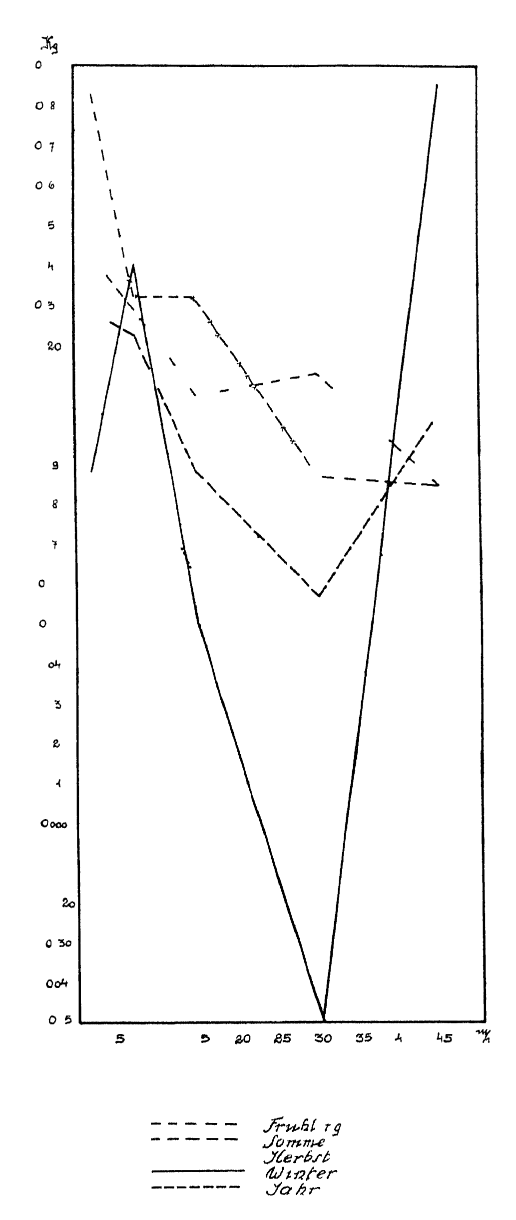


Abbildung 10

Niederschlage und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Sonnenschein und Bewolkung (Abbildung Nr 9) Am gunstigsten ist der Betrag um 75 % der uberhaupt moglichen wochentlichen Sonnenscheindauer (ist gleich beilaufig 25 % Bewolkung) Dieser Betrag bildet ein Optimum, bei mehr Sonnenschein oder geringerer Be-

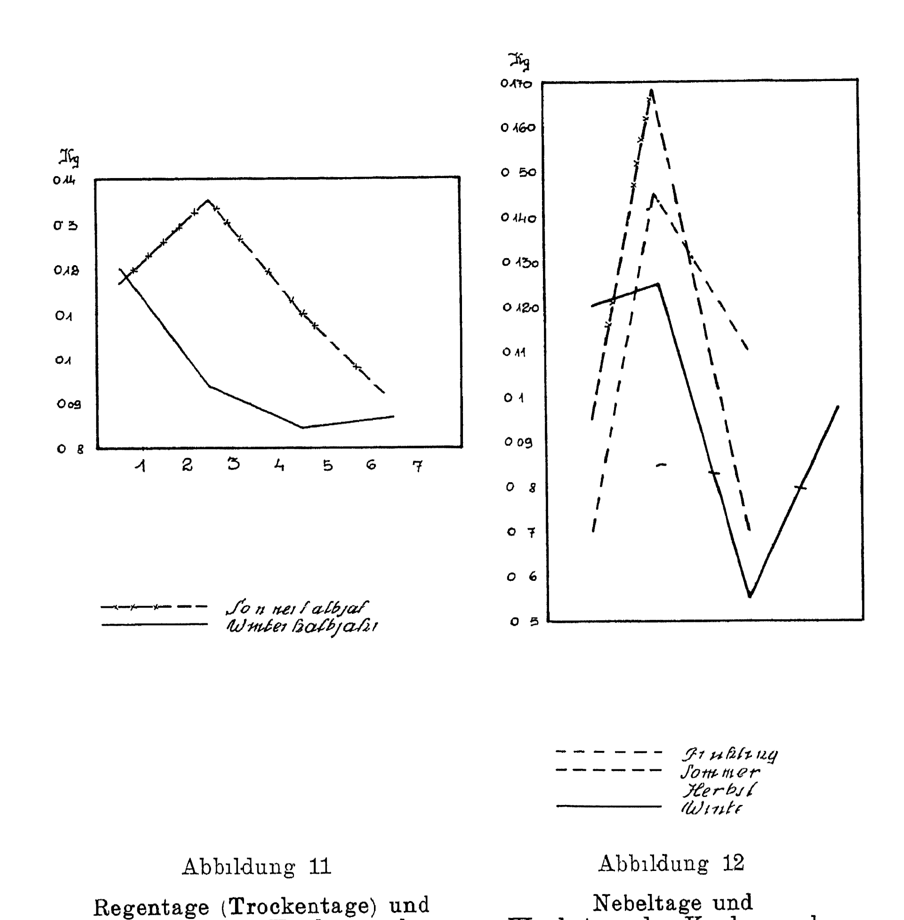


Abbildung 11

Regentage (Trockentage) und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Abbildung 12

Nebeltage und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

wolkung, ebenso bei weniger Sonnenschein (oder großerer Bewolkung) tritt eine ungunstige Wirkung auf das Wachstum der Kinder ein

Regen, Regentage, Nebeltage und Gewitter (Abbildungen 10, 11 12) Je großer die Zahl aller dieser Werte, um so intensiver der ungunstige klimatologische Einfluß auf das Wachstum Derselbe ist zu Anfang intensiv, bei weiter zunehmender Anzahl solcher Tage nimmt die ungunstige Wirkung dieser Elemente ab

Intensitat der Luftstromungen Proportional mit zunehmender Windstarke wachst der ungunstige Einfluß auf das Wachstum (Abbildung Nr 13) Die teilweise Umkehr im Herbst und Winter durfte mit der Warmefuhrung der vorwiegenden Sudwestwinde zusammen hangen

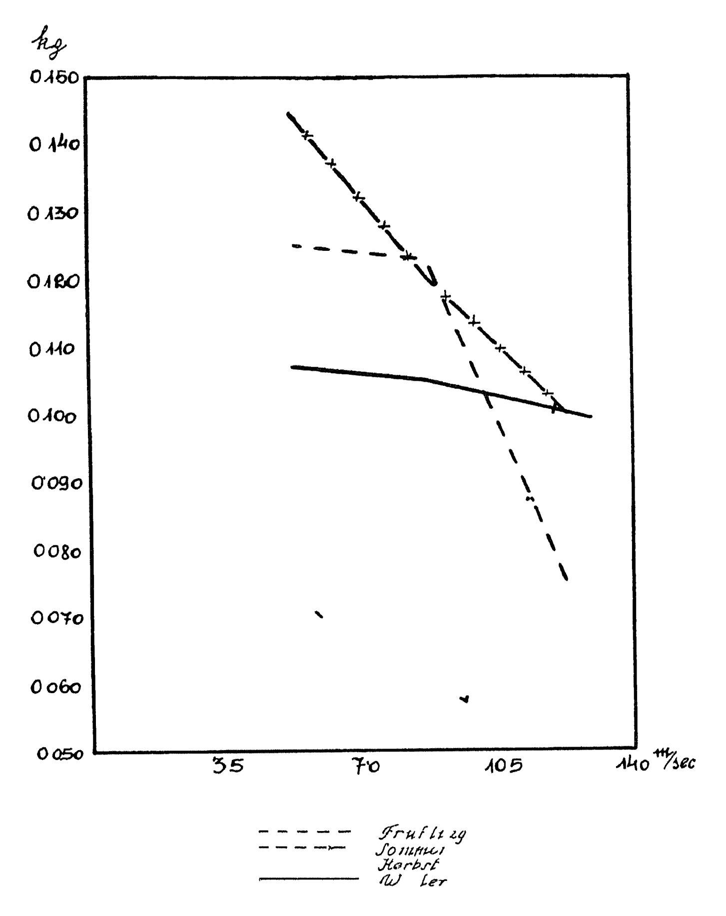


Abbildung 13
Intensitat der Luftstromungen und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

Im Zusammenspiel aller atmospharischen Elemente sind solche mit einem Optimum des Einflusses auf das Wachstum vorwiegend Elemente von einseitiger Wirkung treten zuruck

Im ganzen harmonischen Zusammenwirken der Einflusse der atmospharischen Schwankungen uberwiegt bei winterlichen Warme

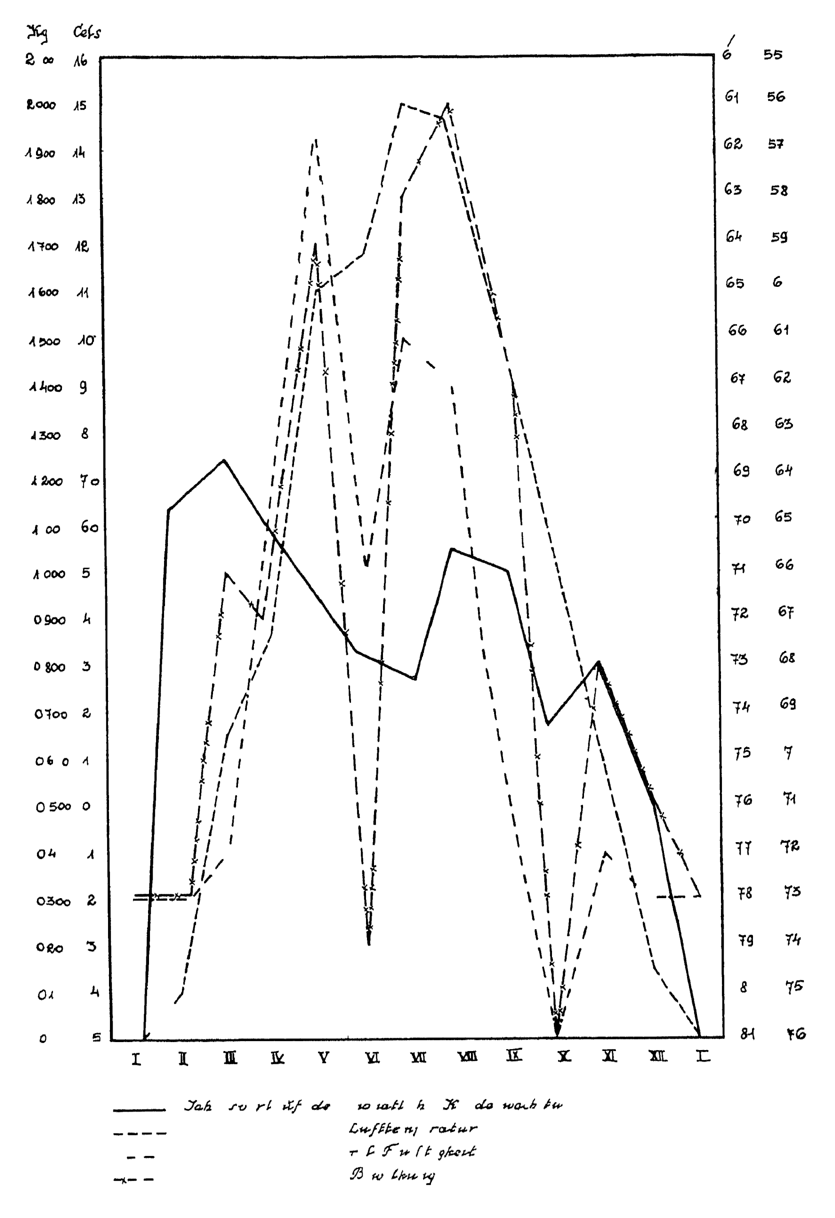


Abbildung 14

Jahresverlauf des monatlichen Kinderwachstums in der Hohen Tatra und Verlauf der atmosphärischen Elemente im Jahre 1922—1923

wellen ein gunstiger umgekehrt bei winterlichen Kaltewellen ein ungunstiger Wachstumseinfluß Im Sommer sind umgekehrt Warmewellen dem Wachstum ungunstig, Kaltewellen jedoch forderlich Einen breiten Uebergang zwischen diesen Extremen bildet der Fruhling, einen kurzeren der Herbst

In der Harmonie des klimatischen Jahreseinflusses stimmt die Intensitat des Wachstums in ihrem Jahresverlauf mit dem Verlauf der atmospharischen Elemente uberein (Positiver Zusammenhang zu Jahresbeginn im Winter und gegen Jahresende im Spatsommer und Herbst, Abbildungen Nr 14 15, 16) In der Zwischenzeit herrscht ein negativer Zusammenhang der jedoch im Klima der Hohen Tatra (subalpine Zone) nur von kurzer Dauer ist

Ein Ueberwiegen der negativen Beziehung zum Wachstum tritt erst im Wachstumsverlauf der Zoglinge in Luze ein (300 m) welches das Klima eines niedrigen Hohenplateaus in der tschechoslowakischen Republik reprasentiert Hier besteht nur im Winter und zu Ende des Herbstes eine positive Beziehung zum Verlauf der atmospharischen Elemente Die ubrige Zeit das ist der uberwiegende Teil des Jahres zeigt einen negativen Zusammenhang (Abbildung Nr 16)

Im Hohenklima der Tatra sind nur die Monate Januar und Dezember fur das Wachstum wenig gunstig Die starkste Wachstumszunahme weisen die Monate Februar und Marz auf Auch das Sommerhalbjahr bleibt im ganzen fur das Wachstum gunstig In Luze sind am gunstigsten der Spatherbst und Winter am allerungunstigsten der Vorsommer und Sommer

Das absolute Ueberwiegen hervorragend gunstiger Wachstumseinflusse wiegt die hohern Kosten mit denen die Hohenkur kranker Kinder verbunden ist in reichem Maße auf, wie der Vergleich zwischen der Tatra (Srobarinstitut) und Luze zeigt

Als Wirkungen des klimatischen Milieus sind zu nennen

a) Der lokale hydrologische Einfluß, der durch die Begunstigung von Schwule im Fruhjahr das Wachstum verzogert, wo sich der Einfluß der Moorluft in der das Institut provisorisch liegt am meisten außert Die Verlegung des Instituts auf einen durren porosen und trockenen Untergrund wird den gunstigen lokalen klimatischen Einfluß auf das Wachstum noch verstarken

b) Der geomorphologische Aufbau der Hohen Tatra schwacht die Intensitat der nordlichen Luftstromung auf einen maßig stimulativen Grad ab umgekehrt befordert die gegen Suden exponierte Lage in der Nahe eines sonnenbestrahlten Abhangs die gunstige Wirkung der feuchten Sud und Sudwestwinde bei ozeanischen Wetterlagen Die absteigenden Luftstrome aus nordlichen Richtungen zeigen außer ihrer Abschwachung auch einen Feuchtigkeitsentzug durch die Gebirge und bringen infolge ihrer dynamischen Erwarmung eine angenehme Kuhle bei reichlichem Sonnenschein und geringer Bewolkung Das Vorkommen von Bora die nur selten katastrophalen Charakter hat (Abbildung Nr 17 zeigt die Platze wo sie am haufigsten

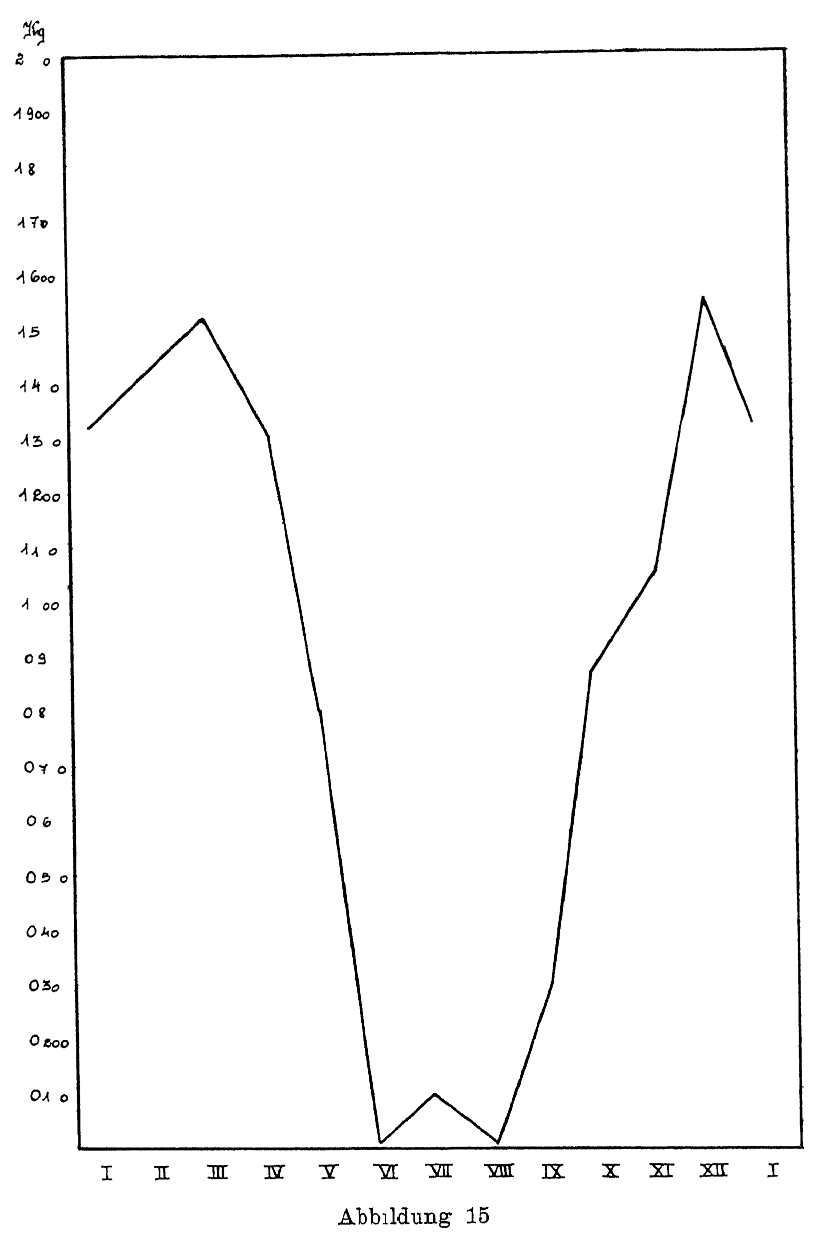


Abbildung 15

Jahresverlauf des monatlichen Kinderwachstums in Luzc
im Jahre 1922—1923

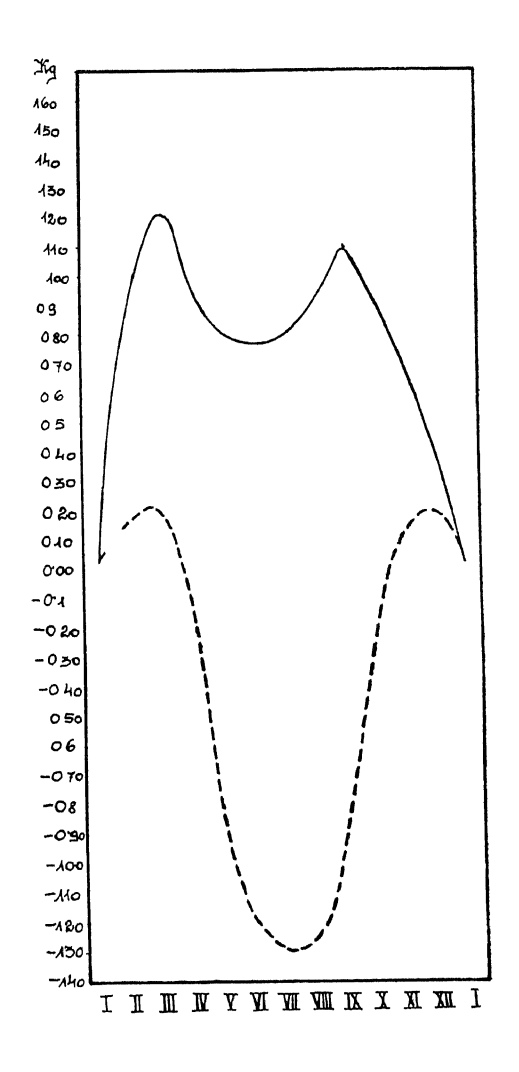


Abbildung 16

Jahresverlauf der Intensitat des Wachstums in Dolni Smokovec und Luze

und stärksten auftritt) an der Rückseite von Depressionen über den Ostkarpathen vermag bei weitem nicht die Vorzüge der Mildheit des Tatrahöhenklimas einzuschränken.

c) Indirekter klimatischer Einfluß. Eine nur geringe Anzahl von Regentagen im Sommer (ein bis zwei wöchentlich), von Schnee-,

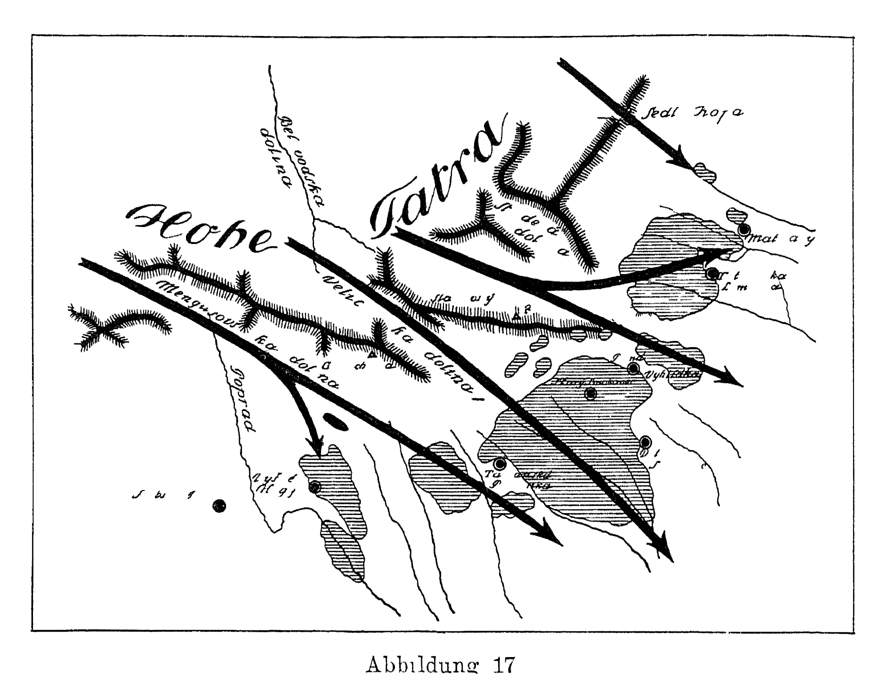


Abbildung 17.
Bora in der Hohen Tatra. Einbruchstore, die Plätze am meisten frequentiert (nach Devastationen am 18./XI. und 1./V. 1919).
(Pfeile = Einbruchstore, schraffierte Plätze = Devastationen.)

Nebel- und Gewittertagen (gleichfalls ein bis zwei Tage wöchentlich) sind nicht nur für das Wachstum günstiger als Wochen mit einer größeren Häufigkeit dieser atmosphärischen Erscheinungen, sondern auch günstiger als Wochen, in denen diese Erscheinungen überhaupt nicht vorkommen. Hierbei kommt es offenbar zu einer Reinigung der Luft nicht nur von atmosphärischem Staub, sondern auch von Mikroorganismen.

Klima und Herzkrankheiten

Von Prof Dr *Michaud*

Daß das Klima als therapeutischer Faktor auch bei Erkrankungen des Herzens und des Kreislaufs in Betracht kommt, daruber besteht heute wohl kein Zweifel mehr Ja, wir konnen sagen, daß wir in der Klimatotherapie sogar ein sehr wichtiges Heilmittel so wohl fur organische wie fur funktionelle Erkrankungen des Herzens und der Gefaße besitzen Wir konnen ferner sagen, daß die Klimato therapie der Zirkulationsorgane nicht mehr *nur* auf Empirie beruht Allerdings nimmt die rein empirisch klinische Beurteilung der Klimawirkungen, zumal bei Kreislaufstorungen, noch den breitesten Raum in unserm arztlichen Denken und Handeln ein Und es soll auch so sein Doch sind seit einer Reihe von Jahren eine schon stattliche Anzahl experimenteller Untersuchungen durchgefuhrt worden, so daß man wohl allmahlich sich an den Versuch heranwagen darf, eine wissenschaftlich fundierte Klimatotherapie der Herzkrankheiten auszuarbeiten

Allerdings betreffen diese Untersuchungen speziell den ge sunden Menschen Wie viel von ihren Ergebnissen auch auf den kranken Menschen ubertragbar sind, das konnen wir heute noch nicht genauer prazisieren Die Physiologen werden einwenden, daß wir Kliniker in erster Linie daran die Schuld tragen Das ist auch richtig Doch konnen wir zwei Entschuldigungsgrunde anfuhren Erstens war uberhaupt vorerst der gesunde Mensch unter dem Einfluß des Klimas zu untersuchen Sodann ist es oft mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden, Kranke, speziell Herzkranke, lediglich zu Untersuchungszwecken in dieselben extremen klima tischen Bedingungen zu versetzen, wie gesunde Menschen Die Zu kunft wird sicherlich das Fehlende in geeigneter Weise nachholen

Wenn also der Arzt die Ergebnisse der experimentell physiolo gischen Klimaforschung durchaus kennen soll, so wird er sich fur die praktische Handhabung des Klimas als therapeutischen Faktors doch in erster Linie von seiner klinischen Erfahrung leiten lassen

Gestatten Sie mir, Ihnen einiges von diesem letztern Standpunkt aus vorzutragen. Ich werde das rein Physiologische nur kurz streifen und nur soweit es für das klinische Verständnis unbedingt notwendig erscheint. Denn Berufenere wie ich haben bereits darüber referiert.

Ich habe auch im Sinne, das Höhenklima etwas ausführlicher zu berücksichtigen, da ich vermute, daß die meisten unter Ihnen hauptsächlich zum Studium des Höhenklimas nach Davos gekommen sind. Und da wir Schweizer Kliniker hier sozusagen an der Quelle sitzen, so können wir Ihnen vielleicht auch einiges sagen, worüber Sie weniger Erfahrung haben. Hingegen gebe ich sofort und gerne zu, daß ich persönlich über die Wirkung des Küsten- und Tropenklimas weniger Positives zu berichten habe, als vielleicht mancher unter Ihnen.

Als oberstes Gesetz jeder Therapie, und auch der Therapie der Kreislauforgane, gilt immer, wie es *F. A. Hoffmann* seinerzeit in seinem klassischen Buch ausgeführt hat, die Schonungstherapie und die Uebungstherapie in jedem Einzelfalle richtig zu dosieren. Ganz besonders bei der Indikationsstellung der klimatischen Therapie wird dies berücksichtigt werden müssen, denn Klima kann beruhigen und Klima kann als Reiz wirken. Ferner müssen wir uns immer diese Frage: Schonung oder Uebung, vorlegen, weil ja die Herzkrankheiten in ihrer Symptomatologie sehr oft zwar ähnlich, in ihrer Aetiologie und in ihrem Wesen sehr mannigfaltig sein können. Trotz sehr ähnlicher Symptome wird in einem Fall eher Schonung, im andern Fall eher Uebung am Platze sein.

Die Indikationen der klimatischen Schonung und Uebung können aber auch nur dann richtig erwogen werden, wenn man die Herztätigkeit im Zusammenhang mit allen andern Organfunktionen und -störungen betrachtet. Wie oft sind Herzerscheinungen nur ein sekundäres Symptom, das aber vom Patienten selber und vielleicht auch von einem oberflächlich untersuchenden Arzt als im Vordergrund stehend betrachtet wird. Sehr oft wird die Klimatotherapie vernachlässigt und wird dem Patienten die wohltuende Wirkung des Höhenklimas vorenthalten, lediglich weil die Herzsymptome unrichtig aufgefaßt werden. Es herrschen eben meines Erachtens noch zuviel veraltete und irrige Ansichten bezüglich der Indikation klimatischer Behandlungen bei Herzaffektionen, weil die Klimawirkungen auf das kranke Herz ungenügend bekannt sind. So glauben noch viele Aerzte, ein Herzkranker könne sich nur in der Tiefebene wohl fühlen, nur CO_2-Bäder vom Typus *Nauheim* könnten günstig wirken, und Höhenklima sei jedenfalls kontraindiziert. Nichts ist unrichtiger! Eine Höhenkur kann richtig durchgeführt, bei organischen Herzkranken, wie *Staehelin* ausgeführt hat, ebenso günstig wirken wie eine CO_2-Bäder-Kur.

Ich bin erstaunt, jeden Sommer eine große Anzahl auslandischer Patienten zu sehen, welche von mir wissen mochten, ob sie nicht doch ins Gebirge gehen konnten, trotz ihrer Arteriosklerose, trotz ihres Herzfehlers, und trotz des Rates ihres Hausarztes, eine Hohe von 500—600 m nicht zu ubersteigen Der Hausarzt ist im allgemeinen viel zu angstlich Ich bin es viel weniger geworden, seit ich mich uberzeugen konnte, wie sehr oft das Gebirge einen gunstigen Einfluß auf das kranke Zirkulationssystem ausuben kann Es gibt eben Herzkranke und Herzkranke!

Welches sind nun in aller Kurze die hauptsachlichsten Wirkungen des Hohenklimas auf das Herz, mit denen der Kliniker zu rechnen hat? Ich spreche selbstverstandlich nur von Hohen, die fur Patienten in Betracht kommen, d h die zwischen 1400 und 2200 m gelegen sind, und die *Loewy* noch als mittlere Hohen bezeichnet

Ich mochte aus heuristischen Grunden Klimawirkungen unterscheiden, die scheinbar direkt, und Wirkungen, die scheinbar mittelbar das Herz beeinflussen

Wir wissen jetzt, daß in der Hohe, und zwar schon in der Ruhe, die Pulsfrequenz, der Blutdruck, die Atemfrequenz das Atemvolumen zunehmen und daß diese Zunahmen ganz besonders bei Muskelarbeit zur Geltung kommen In der Ruhe ist die Zirkulationsgeschwindigkeit des Blutes unverandert und das Minutenvolumen wird denn auch vermindert gefunden Aber bei Muskeltatigkeit verandert sich das Minutenvolumen des Herzens gleichsinnig mit der Gesamtarbeit des Korpers und die Zirkulationsgeschwindigkeit wird gesteigert sein Außerdem kann die Hohe auch zu wesentlichen Verschiebungen der Blutverteilung im Korper fuhren, wie Cyanose der Haut, Gefaßerweiterungen der Lungen mit Blutungen, Verarmung der innern Organe an Blut, aber anderseits auch Verengerung der Hautgefaße Auch diese Symptome sind bei Muskelanstrengung ausgepragter [1])

Dies alles sind die scheinbar direkt auf das Herz wirkenden Klimafaktoren Das *Maß* all der erwahnten Modifikationen, sowohl wie der Moment, d h die Hohe, wo sie auftreten, ist individuell sehr verschieden So gibt es z B Menschen, bei denen sogar in 3000 m Hohe noch keine Frequenzzunahme des Pulses stattfindet (dies sind allerdings kerngesunde Menschen und nicht Patienten!) Die Frequenzsteigerung nimmt gewohnlich mit dem Alter zu Ich kenne altere, berggewohnte Herren, welche allmahlich mit den Jahren sich ihrer Pulsfrequenz in den Bergen immer mehr bewußt werden So z B ein Herr, der in der Tiefebene 50—60 Pulse hat, auch fruher in Riffelalp kaum mehr als 60 Pulse aufwies, bei dem man aber jetzt im Laufe der Jahre in Riffelalp eine standige Beschleunigung auf 90 findet

[1]) Wenn sich auch gewisse Gefaßgebiete verengern andere erweitern so wissen wir dennoch nicht, ob und wie sich der Gesamtquerschnitt der Blutbahn andert Vor allem wissen wir auch nicht wie sich die Coronargefaße dabei verhalten

Loewy hat nun in einer kürzlich erschienenen Arbeit den interessanten Nachweis geleistet, daß Sauerstoffmangel ein sehr wichtiger ursächlicher Faktor all dieser Erscheinungen ist. Alle eben erwähnten Höhenwirkungen gehen bei kurz dauernder Sauerstoffatmung zurück.

Interessanterweise konnte *Loewy* zeigen — und das ist für uns Aerzte besonders beachtenswert —, daß Sauerstoffmangel auch in mittlern Höhen, d. h. schon bei 1500 m, zur Geltung kommen kann und nicht, wie früher angenommen wurde, nur in exzessiven Höhen. So finden also Klimawirkungen in unsern therapeutischen Höhen eine einfache Erklärung, während sie bisher schwer zu deuten waren.

Das relativ gute Herz wird solche Veränderungen rasch korrigieren und die Zirkulation und die Sauerstoffversorgung der innern Organe wieder zur Norm zurückführen. Der Körper adaptiert sich also an die Höhe. Er tut es bald rasch, bald langsamer. Aber dies bedeutet für das Herz auch Mehrarbeit! Dabei soll angeblich das Herz hypertrophieren. Ich gestehe, daß ich dieser Herzhypertrophie noch skeptisch gegenüberstehe, und ich glaube, daß weitere Untersuchungen über das Verhalten des Herzens bei der Kompensation der erwähnten Klimawirkungen erwünscht sind.

Ist das Herz jedoch in seiner Reservekraft schon in erheblichem Maße geschädigt, so wird sich die Akklimatisation an die Höhe nicht mehr zeigen. Die Pulsfrequenzzunahme wird nicht nur nicht zurückgehen, sie wird noch erheblicher werden oder sogar zu Arhythmien führen, wie ich mich selbst überzeugen konnte. Oder man sieht, daß Arbeit nicht ohne immer mehr zunehmende Lungenventilation ausgeführt werden kann, u. a. m.

Für die ärztliche Beurteilung, ob ein Herzpatient im Hochgebirge verbleiben kann, wird also maßgebend sein, wie sich diese Adaptation verhält, d. h. wie rasch z. B. eine Pulsfrequenzzunahme nach Arbeit wieder zurückgeht oder ob sie dauernd bestehen bleibt usw. Aber anderseits soll man auch nicht zu ängstlich sein, denn es darf nicht vergessen werden, daß bei einer nicht normalen Herzkraft durch sehr vorsichtiges Trainieren sehr vieles erreicht werden kann.

Die Grenze der Luftdrucksenkung, bei der all' diese Erscheinungen des Sauerstoffmangels eintreten, ist, wie wir schon hervorgehoben haben, individuell sehr verschieden. Sie ist schon beim Gesunden sehr verschieden, noch mehr aber beim Herzkranken! Sie hängt ab vom Umfang des Sauerstoffverbrauches und von der Sauerstoffmenge, die den Geweben zur Verfügung gestellt wird.[1]) *Loewy* hat nun, und darin muß ich ihm durchaus beipflichten, den *Sauerstoffmangel der einzelnen Gewebe* in den Vordergrund gestellt, während er danach strebt, den Begriff des *allgemeinen Sauerstoffmangels* zu beseitigen. Wissen wir doch seit der alten, jetzt vielfach zu sehr

[1]) Diese letztere hinwiederum hängt ab von der Sauerstoffspannung in den Lungenalveolen, von der Hämoglobinmenge und von der Blutstromgeschwindigkeit.

vernachlassigten Arbeit *P Ehrlich*'s, wie verschieden das Sauerstoffbedurfnis der einzelnen Organe tatsachlich ist Es ist einleuchtend, daß in einzelnen Organen bereits Sauerstoffmangel herrschen kann, wahrend ein allgemeiner Sauerstoffmangel noch lange nicht vorhanden ist So wird also schon ein geringes Sauerstoffdefizit, wie es in mittleren Hohen besteht, auf sehr stark sauerstoffbedurftige Gewebe wie z B das Atemzentrum, das Vasomotorenzentrum, einen Einfluß haben und den Zirkulationsorganen eine vermehrte Arbeit aufladen Denn, kommt es zu Sauerstoffmangel in einzelnen Organen oder Geweben, so treten nicht nur Vorgange auf, die diesem Sauerstoffmangel entgegenwirken, wie Zunahme der roten Blutkorperchen und des Hamoglobins, sondern auch Steigerung der Atmung und vielleicht auch Beschleunigung der Blutstromung Die einzige Schwierigkeit in der *Loewy*'schen Auffassung sehe ich darin, daß bisher eine Sauerstoffabnahme im Blut nicht nachgewiesen ist

Die Moglichkeit einer ungenugenden O-Versorgung der Organe fuhrt uns naturgemaß zur Betrachtung der *indirekt auf das Herz wirkenden Faktoren* des Hohenklimas Da finden wir die Wirkung des Hohenklimas auf das *Blut* und die *blutbildenden* Organe, auf die *Haut* auf die *Drusen* mit innerer *Sekretion* auf den *Stoffwechsel* Ich will jetzt nicht naher darauf eingehen Sie haben daruber vieles Interessante gehort, das ich nicht unnotigerweise wiederholen mochte Doch muß ich einige Stoffwechselfragen kurz streifen, weil sie fur das Verstandnis des Verhaltens des Herzens in der Hohe wichtig sind

Beim Uebergang in die Hohe ist, wie Sie ja alle seit der bekannten Arbeit von *Jaquet* und *Staehelin* wissen der Stoffwechsel anfangs gesteigert und diese Steigerung geht bei Gewohnung allmahlich zuruck Zahlreiche und mannigfache Reize treffen den Korper und regen die chemische Warmeregulation an und losen eine Zunahme der Verbrennungsprozesse aus Solche Steigerungen des Stoffumsatzes sind eine gewohnliche Ursache beschleunigten Blutumlaufs Auch diese Steigerung ist individuell sehr verschieden Man beobachtet sie schon beim *Ruhe*gaswechsel aber besonders naturlich bei Muskelarbeit nicht nur bei Bergaufmarschen sondern auch bei Horizontalspaziergangen Hier sind schon die kleinsten Nuancen der Spaziergange wenn ich mich so ausdrucken darf stoffwechselsteigernd

Auch diese Stoffwechselsteigerung wird zur Zeit am ungezwungensten durch ungenugende Sauerstoffversorgung des arbeitenden Muskels erklart

Dabei findet wie *Jaquet* und *Staehelin* in den eben erwahnten Versuchen auf dem Chasseral gezeigt haben anfanglich ein erhohter Eiweißzerfall in der Folge dann eine N Retention statt

Der gesteigerte Eiweißzerfall fuhrt zu Saurebildung und wir konnen sagen daß eine Azidose im Hochgebirge jetzt wohl sicher angenommen werden muß Gerade diese Acidose ist wichtig fur die Atem- und Herzregulierung wie *Fleisch* in hochst interessanten Versuchen nachgewiesen hat *Fleisch* war der erste welcher die H Konzentration der Duchstromungsflussigkeiten mit denen er Gefaßerweiterungen und Verengerungen erzielte berucksichtigte Er fand denn auch, daß schon eine geringe Abnahme der alkalischen Reaktion des Blutes — eine saure Reaktion ist dazu gar nicht notig — die Gefaße dilatiert Und zwar sind es die in den Geweben selbst bei Arbeit entstehenden Sauren welche diese alkalische Re

aktion des Blutes vermindern und die Gefäßdilatation erzeugen. Je größer die von einem Organ geleistete Arbeit ist, umso mehr Säure wird gebildet und umso größer wird die Wasserstoffzahl in diesem Organ. Diese gesteigerte H-Zahl verursacht nun die Erweiterung der zuführenden Gefäße. Die Intensität der Gefäßerweiterung ist Funktion der Größe der H-Zahl. Die Blutzufuhr ist also umso größer, je mehr Säure gebildet wird. Kehrt das Organ zur Ruhe zurück, so sinkt seine Säurebildung und sobald alle überschüssige Säure aus dem Gewebe durch den verstärkten Blutstrom abtransportiert ist, sinkt auch die Blutzufuhr auf den Ruhewert. Dadurch, daß die *H-Zahl das regulatorische Agens der peripheren Blutversorgung* darstellt, ist eine genaue Anpassung der Blutzufuhr an den Blutbedarf garantiert.

Dies erklärt auch, warum unkompensierte Herzen sich im Hochgebirge schlecht befinden. Wie aus Arbeiten von *H. Straub*, *Dautrebande* u. a. hervorgeht, besteht bei allgemeiner Stauung an sich schon eine Acidose. Wenn sich also dazu noch eine Hochgebirgsacidose hinzugesellt, so erscheint es verständlich, daß das Herz unter ungünstigen Bedingungen zu arbeiten hat und daß die Zirkulation noch weiter leidet.

Außer der H-Zahl, die wohl *nur ein* wichtiges regulatorisches Agens darstellt, kommen voraussichtlich noch andere regulatorische Faktoren in Betracht, so z. B. die N-haltigen Abbauprodukte in den Geweben.

Auch der *Mineralstoffwechsel*, das quantitative Verhalten der Ionen der Körperflüssigkeiten und Gewebe kommt im Höhenklima in Betracht und sollte noch mehr untersucht werden, als es bisher geschehen ist. Zumal ja bekannt ist, wie gerade die verschiedenen Ionen für die Herztätigkeit von besonderer Wichtigkeit sind.

Also all dieser gesteigerte Eiweißabbau mit seiner abnormen Säurebildung und Ionenverschiebung besitzt für die Tätigkeit des Herzmuskels eine Bedeutung, die wir nicht unterschätzen dürfen, wenn wir über die Wirkung des Höhenklimas auf das Herz mitreden wollen.

Ebenso kann der bereits erwähnte, in der Folge des Höhenaufenthalts einsetzende Eiweiß- und Gewebsansatz für das Herz nur günstig sein. Denn wie *Jaquet* betont hat, er kommt nicht ausschließlich der Blutbildung zu Gute, sondern auch der Muskelbildung und vielleicht dem parallel auch der Myokardentwicklung.

Schließlich ist auch der *Wasserwechsel* zu erwähnen, soweit er in der Höhe modifiziert ist und auf die Herztätigkeit rückwirkt. Ich will nur erwähnen, daß, ganz abgesehen von einer Anregung der Schweißdrüsentätigkeit und einer bessern Verdunstung bei sehr vielen Menschen während eines Aufenthaltes in den Bergen sehr rasch eine Steigerung der Diurese einsetzt. Auch dies kann als Entlastung des Herzens, bei Herzkranken nur günstig wirken und eine Kur in den Bergen als erwünscht erscheinen.

Ich möchte dieses Exposé, das ich eigentlich nur aphoristisch behandeln konnte, nicht weiter ausdehnen.

Zusammengefaßt können wir sagen, daß das Höhenklima unbedingt auf das Herz wirken *muß*. Neben direkten Einflüssen auf den Puls, den Blutdruck, das Herzminutenvolumen, die Zirkulationsgeschwindigkeit, den Atemmechanismus, machen sich auch indirekte, mittelbare Wirkungen geltend und ich möchte die Vermutung aussprechen, daß gerade diese letztern mittelbaren Einflüsse auf das Herz via Stoffwechsel therapeutisch wichtig sind.

Jedenfalls besitzen wir im Klima genügend Faktoren, die wir therapeutisch ausbeuten können. Gerade weil diese Faktoren alle individuell verschieden und quantitativ auch sehr verschieden wirken,

ferner weil sie bei den verschiedenen Menschen auch in ganz verschiedenen Hohen manifest werden, endlich auch weil sie bei Akklimatisierung zuruckgehen oder sich stabilisieren — gerade deswegen haben wir es in der Hand, bei richtiger Auswahl und bei guter Kenntnis des Patienten, sie das eine Mal als Sedativum, das andere Mal als Reiz und Uebungsmittel zur Anregung der Herztatigkeit oder zur Erleichterung der Herztatigkeit zu verwenden

Gehen wir nun zu einer kurzen Besprechung der Indikationen des Hohenklimas fur die Herzkrankheiten uber [3])

Ich mochte ganz allgemein als Richtlinie angeben, daß ins Hochgebirge keine Herzkranken mit Dekompensationserscheinungen gehoren Auch diejenigen Patienten, deren Reservekraft des Herzens gering ist, wo Medikamente notwendig sind, um gerade noch die richtige Blutverteilung im Korper zu erzielen — auch diese Patienten sollten lieber in tiefern Regionen bleiben

Aber alle andern Herzen, deren Reservekraft noch gut ist, und bei denen Aussicht vorhanden ist daß dieselbe durch planmaßige Ausnutzung der Kur, durch Training, weiter gesteigert werden kann — diese Herzen sollen getrost ins Hochgebirge gehen Fur die ist meines Erachtens das Hochgebirge indiziert Dabei ist es einerlei, woran der Patient leidet, ob ein Klappendefekt vorhanden ist, oder eine primare Schwachung der Herzkraft durch Myokarditis oder arteriosklerotische Myodegeneratio oder eine Koordinationsstorung in der Reizentstehung und Reizleitung, oder eine Hypertonie Nur muß allerdings noch eine Bedingung erfullt werden der Patient soll sich im Hochgebirge ruhig verhalten und jedenfalls an Muskelarbeit nur das leisten, was ihm ein erfahrener Arzt gestattet Wird letzteres berucksichtigt, verhalt sich der Patient vernunftig, so ist meines Erachtens gegen einen Aufenthalt in der Hohe — und dies bis zu 2200 m — nichts einzuwenden [4])

Ich kann nur wiederholen, daß ich gut kompensierte Klappenfehler, die noch nicht zu exzessiven Dilatationen gefuhrt haben, ruhig in die Hohe schicke und daß ich auch nie einen Nachteil gesehen habe

Das Gleiche gilt fur beginnende Myokarditis Hat die Myodegeneratio cordis aber erheblichere Grade erreicht und zu Pulsus irregularis perpetuus, zu Vorhofflimmern gefuhrt, dann bin ich

---

[3]) Bezuglich dieser Frage mochte ich auch auf die bekannten Arbeiten von *Staubli* (siehe Ergebnisse der innern Medizin Bd 11) verweisen und auf das ausgezeichnete Referat von *v Wyß* (Schweiz Med Wschr 1921)

[4]) Auf die Prufung der Reservekraft des Herzmuskels brauche ich wohl nicht einzugehen Ich mochte nur kurz erwahnen daß ich stets darauf achte ob bei den Patienten subjektive Beschwerden wie Dyspnoe Druck auf der Brust und in der Herzgegend usw schon bei leichter Korperarbeit auftreten die fruher nur bei ganz erheblicher Korperanstrengung sich geltend machten Dann bitte ich den Patienten genau zu beobachten ob diese subjektiven Beschwerden in den Bergen schon nach kleinen Spaziergangen auf horizontalen Wegen auftreten In solchem Falle mahne ich zur Vorsicht

vorsichtiger. Allerdings können solche Patienten oft noch während langen Jahren physische Arbeit sehr gut verrichten — jeder von uns kennt solche Fälle, sie können also auch einen Höhenaufenthalt vertragen und er wird ihnen bei richtigem Verhalten auch gut tun. Aber Vorsicht ist geboten. Ebenfalls zurückhaltend bin ich, wenn die Arteriosklerose mit vorgeschrittener Nephrosklerose verbunden ist. Wenn Augenhintergrundsblutungen, erhöhter Harnstoffgehalt im Blut, schlechte Wasserausscheidung und stark erhöhter Blutdruck festgestellt sind, dann ist von Aufenthalten in der Höhe direkt abzuraten. Eine vorherige genaue Nierenfunktionsprüfung ist also in solchen Fällen durchaus notwendig. Ich brauche wohl kaum zu betonen, daß beginnende Herzsymptome bei Lebercirrhose unter keinen Umständen ins Hochgebirge gehören! Auch luetische Herz- und Aortenaffektionen mit Angina pectoris-Symptomen schicke ich nicht ins Hochgebirge. Da könnte man leicht unangenehme Ueberraschungen erleben.

Extrasystolen, wenn sie nervöser Natur sind — und das sind sie ja meist, wenn keine andern organischen Symptome daneben hervortreten — können bei einem Höhenaufenthalt verschwinden und der Patient von seinen subjektiven Beschwerden befreit werden. Der nervöse Patient darf nur nicht im Gebirge erregter werden, als er schon vorher im Tale war. Ueberleitungsstörungen, besonders motorische, bilden auch keine Kontraindikation.

Endlich die paroxysmalen Tachykardien. Sie jagen dem Patienten und dem Arzt immer eine besondere Angst ein. Jedoch kenne ich Patienten, die nur in der Tiefebene ihre tachykardischen Anfälle hatten, aber nie in den Bergen, z. B. auf Riffelalp, und die auch Bergbesteigungen bis 3500 m ohne Beschwerden — abgesehen von momentanem Herzklopfen — ausführen konnten. Ich habe auch paroxysmale Tachykardien erlebt, die sich nach Höhenaufenthalten längere Zeit wesentlich wohler fühlten, und bei denen erst im darauffolgenden Winter wieder Anfälle auftraten.

Allerdings weiß ich, daß solche Erfahrungen nicht verallgemeinert werden dürfen. Wo mit Wahrscheinlichkeit doch eine muskuläre Schwäche besteht, bin ich vorsichtig und rate von Höhenkuren ab. Aber nervöse, auch postinfektiöse, resp. postgrippöse Tachykardien habe ich ohne Nachteil in die Berge geschickt.

Auch bei Basedowtachykardien und -arhythmien habe ich gute Erfolge von längern und wiederholten Bergaufenthalten gesehen. Dies ist übrigens längst bekannt.

Ferner eignen sich für Höhentherapie auch all' die konstitutionell schwachen Herzen. Gelingt es, die allgemeine Konstitution zu bessern — und das geschieht besonders gut im Hochgebirge, so bessert sich auch die Herzkraft solcher jungen Leute.

Schließlich kann auch das Hochgebirge, wie *Stäubli*, *v. Wyß* u. a. hervorgehoben haben, indiziert sein bei Herzsymptomen, die

regelmaßig durch rezidivierende Infektionen (Anginen, Grippen, Rheumatismus usw) bedingt sind

Haben wir nun einen Maßstab dafur, wie bedeutend die *Nachwirkung* ist? Daruber kann ich Ihnen keine bestimmte Antwort geben Wir konnen das Maß der Besserung nicht quantitativ ausdrucken und konnen nur nach klinischen Eindrucken schließen Jedenfalls sagt das Verhalten des Blutdruckes — besonders wie er jetzt im allgemeinen gemessen wird — uber die Leistungsfahigkeit nichts aus Wir konnen nur klinisch feststellen, ob der Kreislauf normalisiert worden ist

Auf die Frage, bis in welches Alter Herzpatienten das Gebirge aufsuchen konnen, kann ich Ihnen ebenfalls nicht bestimmte Richtlinien geben Man wird sich in jedem Einzelfall durch die genaue Untersuchung des Patienten leiten lassen Doch kenne ich alte Herren bis und uber 80 Jahre, welche trotz ihrer Arteriosklerose und ihrer obligaten Hypertonie sich im Engadin und sogar in Riffelalp durchaus wohl fuhlten

Was die *Dauer* der einzelnen Kuren betrifft, so mochte ich vor zu kurzen warnen Den gunstigen Effekt sieht man erst bei mehrwochentlicher Dauer Kurze Kuren konnen direkt schaden, so z B bei Sklerosen mit Hypertonien

Auf einen praktischen Punkt mochte ich noch Ihre Aufmerksamkeit lenken, der mir fur das Gelingen einer herztherapeutischen Kur im Hochgebirge von Wichtigkeit zu sein scheint, und der bisher viel leicht zu sehr vernachlassigt wurde die *Diatetik* sollte in den Bergen mehr berucksichtigt werden So wie wir in der Ebene keinen Herzkranken mit Erfolg behandeln konnen, wenn wir nicht seine Nahrungs und Flussigkeitsaufnahme genau bestimmen, so sollte dies auf die gleiche Weise auch in den Bergen geschehen So empfehle ich, jedem Herzkranken, der in die Berge geht, genaue Vorschriften zu geben und jedenfalls folgende Punkte zu berucksichtigen

1 Die Flussigkeitszufuhr muß geregelt sein
2 Die Diat soll nicht zu salzreich sein
3 Man vermeide zu N reiche und nukleinreiche Nahrung, in Anbetracht der Azidose, die in der Hohe auftritt
4 Man vernachlassige nicht die Kohlenhydrate, wegen der Wichtigkeit, die die Glykose fur den arbeitenden Herzmuskel besitzt

Nun gibt es aber auch Herzpatienten, welche aus Berufsgrunden im Gebirge leben mussen Diese sind genau nach denselben Prinzipien zu behandeln wie in der Tiefebene Doch wurde ich sehr empfehlen, solchen an organischen Herzaffektionen Leidenden den Rat zu geben, besonders wenn die ersten Dekompensationserscheinungen auftreten, eine Kur in der Tiefebene oder im Suden zu machen Ich habe da schon sehr schone Erfolge gesehen, z B bei Arteriosklerosen, chronischen Nierensklerosen mit vorgeschrittener Myokarditis und Lebererscheinungen Nach solchen Kuren vertragen dann die Patienten

die Ruckkehr in die Berge auffallend gut Vielleicht hangt der Erfolg mit dem Klimawechsel zusammen, vielleicht ruhrt er aber doch davon her, daß der Patient wahrend einer solchen Kur sich die richtige Disziplin angeeignet hatte

Ganz allgemein, abgesehen von solchen Fallen, muß ich *van Oordt* vollig beipflichten, wenn er sagt, daß Hohenbewohner sich nur selten im Klima der Ebene wohler fuhlen Dies gilt auch fur leicht herzkranke Hohenbewohner Viel Positives wissen wir aber daruber noch nicht Ich gebe Ihnen auch nur personliche Eindrucke

Es ist also recht verdienstvoll, wenn *Loewy* die Bearbeitung der Anthropologie des Hohenbewohners in Angriff nehmen will

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich auch, welchen Patienten wir anraten sollen, nicht ins Hochgebirge zu gehen, sondern sich im mittelhohen Gebirge oder in einem Kurort der Tiefebene zu pflegen Immer dann, wenn wir die Erfahrung gemacht haben, oder wenn wir Anhaltspunkte dafur besitzen, daß der Hohenaufenthalt einen zu erheblichen Reiz darstellt, dem das Herz infolge der Verminderung der Herzkraft nicht gewachsen ist, wenn eine Zunahme der Reservekraft durch Training nicht zu erreichen war oder voraussichtlich zu erreichen sein wird Fur solche Patienten sind die geschutzten Kurorte der Ebene und die thermischen Klimastationen am besten geeignet Da kommt die Schonung auch richtig zur Geltung, nicht nur fur das Herz, sondern auch fur die Atmungsorgane, das Nervensystem, die innersekretorischen Drusen usw, was indirekt auch dem Herzen zugute kommt Wir werden also in solche Kurorte des Mittelgebirges oder der Tiefebene senden vorgeschrittene Arteriosklerosen, Gehirnsklerosen, Nierensklerosen mit Neigung zu Apoplexien, leicht dekompensierte Herzfehler, auch Herzneurastheniker, die wirklich das Hohenklima nicht vertragen (obgleich letztere Falle mir doch selten begegnet sind) Also, je ausgeprägter die Kreislaufstorung ist und je erregbarer das Nervensystem, desto mehr werden wir Kurorte der Ebene anraten, wo die Anstrengungen geringere Wirkungen auf den Kreislauf ausuben

Ein weiterer Vorzug solcher tiefern Kurorte ist der, daß die Lebensweise der Herzkranken besser beaufsichtigt werden kann als in der Hohe, und daß auch Einrichtungen fur spezielle Herztherapie, wie CO_2-Bader, Lichtbader, Massage usw zur Verfugung stehen, was man in den Berghohen nicht erwarten darf Also auch dieses rein praktische Moment kann bei der Entscheidung ob Hohe oder Mittelgebirge oder Tiefebene angezeigt ist, wegleitend sein

Ueber das *Seeklima* will ich mich nur ganz kurz aussprechen Auch hier gilt es selbstverstandlich die Frage zu stellen Schonung oder Uebung Denn es gibt bekanntlich sedativ wirkende Seekusten die bis zur „Strandkorblethargie“ fuhren konnen, und erregende Seekusten

Im allgemeinen kann man sagen, daß organische Herzkranke und Arteriosklerotiker, sowie auch rein funktionelle Symptome dar-

bietende Menschen, sich an der See sehr wohl fuhlen konnen Es gilt nur, die richtige Auswahl zu treffen Man wird wohl in erster Linie mittelfeuchtwarme und windgeschutzte Kusten berucksichtigen wahrend trockene und von kalten Landwinden bestrichene Kusten ungeeignet sind Jedenfalls sind schlecht kompensierte Herzfehler und vorgeschrittene Arteriosklerosen davor zu warnen

Feuchte Seeluft erweitert eben die peripheren Gefaße und entlastet das Herz, trockene Luft bewirkt das Gegenteil Auch das Verhalten des Windes ist sehr zu berucksichtigen Denn kalte, trockene Winde verengern die peripheren Gefaße, steigern den Blutdruck, losen eine tiefere Atmung aus und Abnahme der alveolaren CO_2-Spannung Sudliche, feuchte Schirokkowinde lassen eine derartige Wirkung vermissen Hort der Reiz der kalten Winde auf, so kommt es zu starker peripherer Gefaßerweiterung Ein solcher Wechsel in der Gefaßweite, das ist klar, kann den Kreislauf uben, er kann aber auch das Herz belasten Es kommt eben wieder auf den Zustand des Herzmuskels selber an — und auf eine richtige Diagnose von seiten des Arztes

Auf weitere klimatische Faktoren der See, wie Lichtstrahlung und andere Strahlungen usw will ich nicht weiter eingehen Die angegebenen wenigen Beispiele mogen genugen, um zu zeigen, daß es einer genauen Kenntnis der zahllosen Seekurorte bedarf, um den richtigen, fur jeden einzelnen Patienten gerade geeigneten auszuwahlen Ich kann Sie nur auf die ausfuhrliche Darstellung des Gegenstandes durch *Glar* im Handbuch der Balneologie verweisen Sie werden sehen, welche Fulle von Einzeltatsachen da niedergelegt sind, die alle ihren bestimmten Wert besitzen und vom Kenner der Seeklimatherapie auch berucksichtigt werden, und dann werden Sie auch verstehen, weshalb ich bei der Kurze der mir hier zur Verfugung stehenden Zeit dieses Gebiet nicht ausfuhrlicher besprechen kann Auch auf die Indikation, die Zahl und Dauer der Seebader, das Verhalten des Patienten nach dem Bad, will ich hier absichtlich nicht naher eingehen

Der Aufenthalt an der See hat ubrigens noch einen entschiedenen Vorzug der darin besteht, daß meist gleichzeitig eine Terrainkur mit der Seekur verbunden werden kann, was nie zu unterschatzen ist, weil es oft viel leichter durchzufuhren ist als im Hochgebirge

Schließlich spielt, wie im Hochgebirge, auch an der See der Faktor Psyche eine wichtige Rolle Der ganze Heileffekt einer Kur kann davon abhangen, wie Ihnen schon mehrfach in diesen Vortragen auseinandergesetzt worden ist Deshalb ist auch sehr viel Umsicht geboten, wenn es sich darum handelt zu entscheiden, ob Herzneurastheniker an die See oder ins Hochgebirge geschickt werden sollen

Noch ein Wort uber das *Wustenklima* Im allgemeinen wird gesagt, daß in der Wuste der Blutdruck sinkt Das mag ja im allgemeinen richtig sein, wissen wir doch aus Versuchen, daß die trockene Warme von Blutdrucksenkung, mit den ublichen Instrumenten gemessen, begleitet ist Doch daraus eine Indikation zu Kuren in der

Wüste bei arteriosklerotischen oder renalen Hypertonien ableiten zu wollen, ist zum mindesten naiv. Dies kann nur jemand, der die sehr komplexe Sachlage nicht weiter überlegt hat.

Durch Senkung des Blutdrucks wird eine Vasodilatation der peripheren Gefäße bewirkt und die ganze Blutverteilung erheblich verändert. Wegen der vermehrten Wasserverdunstung und Schweißbildung, wegen der vielfach modifizierten osmotischen Vorgänge im Körper, wegen all' der erheblich gesteigerten Thermoregulation zur Verhütung einer Hyperthermie des Gesamtorganismus, wegen all dieser und wohl noch anderer Vorgänge, die ich nicht alle anführen kann, wird die Leistungsfähigkeit des Herzens in sehr erhöhtem Maße in Anspruch genommen. Die Herzarbeit wächst. Aber ein durch Krankheit geschwächtes Herz vermag das nicht immer zu überwinden. Das Wüstenklima stellt das Gegenteil einer Schonung dar! Ich habe am eigenen Leibe erfahren, was unvorsichtige physische Ueberanstrengung bei längerem Verweilen in der Saharawüste für unangenehme Herzerscheinungen auslösen kann.

Für das Wüstenklima stellt meines Erachtens ein arteriosklerotisches, myokarditisches Herz mit erheblicher Hypertonie eine strenge Kontraindikation dar.

Auch für die renale Hypertonie mit Herzhypertrophie und -dilatation ist Aegypten ungeeignet. Dies um so mehr, als in den Wüstenklimaten auch keine Einrichtungen bestehen, um Herz- und Nierenkranke mit Hypertonie diätetisch richtig zu behandeln. Es liegt übrigens bisher kein einziger positiver Beweis vor, und ich kenne auch keine einzige richtig geführte Krankengeschichte, die es beweisen würde, daß arteriosklerotische und renale Hypertonien in Aegypten gebessert, in unsern Klimaten aber erfolglos behandelt worden wären. Gottlob ist die Reise nach der Wüste und der Aufenthalt in Aegypten seit einigen Jahren derartig kostspielig geworden, daß es schwer fällt, sich längere Zeit dort aufzuhalten. Sonst würde wohl noch mehr Unfug mit Winterkuren in der Wüste bei Herz- und Nierenkranken getrieben werden als es schon geschieht, und das allein hat vielleicht schon manchen Patienten relativ gerettet.

Ich bin am Schlusse angelangt. Wie ich Ihnen einleitend sagte, habe ich mich bestrebt, Ihnen vor allem von meiner klinischen Erfahrung, d. h. von klinischen Beobachtungen zu berichten. Es wäre selbstverständlich noch manches experimentell festgestellte zur Stütze des Gesagten nachzuholen und mein Vortrag ist in dieser Beziehung unvollständig geblieben. Ich bin mir dessen wohl bewußt. Doch bin ich überzeugt, daß kritisch verwertete klinische Beobachtungen zumal im Gebiete der Klimatologie auch jetzt noch in unserer so sehr laboratoriumsfreudigen und experimentell-pathologisch arbeitenden Zeit nicht unterschätzt werden dürfen. Ich fürchte nur, Ihnen vielleicht zuviel Allbekanntes gesagt zu haben!

Höhenklima und Gefäßtonus

Von Dr. *Hediger*, St. Moritz.

Ich möchte einige Kurventypen demonstrieren, welche physiologische Wirkungen am Gefäßsystem zeigen sollen, die auf charakteristische Unterschiede der atmosphärischen Bedingungen im Tiefland und im Hochgebirge zurückzuführen sind.

Aus den Untersuchungen *Loewy*'s hat sich ergeben, daß die funktionellen Aenderungen, die wir im Höhenklima wahrnehmen, in prädominierender Weise dem O_2-Mangel zuzuschreiben sind. Die andern Faktoren stehen mehr indirekt mit der Höhenlage, bezw. der Luftverdünnung in Beziehung und können, je nach der Lage eines Ortes, wechseln. Am besten ist wohl die Wirkung der Strahlung bekannt geworden, wobei uns Aerzte bis jetzt hauptsächlich die sogen. Ultraviolettstrahlung interessiert hat. Erst in neuerer Zeit ist die Wärmestrahlung im Gebirge Gegenstand exakter Forschung geworden und durch die Arbeiten *Dorno*'s und *Loewy*'s sind unsere Vorstellungen durch den Begriff der Abkühlungsgröße näher präzisiert worden.

Es ist begreiflich, daß sich der Kliniker in den durch die Messungen ermittelten Zahlen nicht so leicht zurecht findet. Ihn interessiert hauptsächlich die Frage nach dem therapeutischen Wert dieser Zahlen. Er kennt aus Erfahrung die Allgemeinwirkung des Höhenaufenthaltes, die von *Erb* als eine außerordentlich anregende und erfrischende bezeichnet wurde. Wir kennen auch den Unterschied des subjektiven Befindens und konstatieren beispielsweise, daß man im Höhenklima auch in der prallen Sonne nicht schwitzt, während man in der Tiefe durch die Schwüle belästigt wird, mit andern Worten, daß die Temperaturregulierung sich im Hochgebirge angenehmer vollzieht. Können wir die hier in Betracht kommenden thermisch reflektorischen Vorgänge, die sich auf der Haut abspielen, am Zirkulationsapparat objektiv feststellen und Aenderungen erkennen, die mit den Unterschieden des subjektiven Befindens in Uebereinstimmung stehen? Das ist die Frage, die ich auf experimentellem Wege zu lösen versuchte.

Bekanntlich sind an der Zirkulation im Hochgebirge gegenuber dem Tiefland mit Ausnahme der Pulsfrequenz keine deutlichen Unterschiede gefunden worden Auch die Form des Pulses wurde bei Ausschluß der Warmefaktoren des Klimas unverandert gefunden Der Sauerstoffmangel hat hier also wenig oder gar keinen Einfluß, zum mindesten nicht in Hohen, welche fur die Klimatotherapie in Frage kommen Ich ging nun aber darauf aus, gerade die Wirkung derjenigen Klimafaktoren zu studieren, welche das Engadiner Hochtal besonders auszeichnen intensive Strahlung bei vorwiegend trockener und bewegter Luft

Ich habe mich zu meinen Untersuchungen eines Apparates bedient den ich fruher (Schweiz med Wochenschrift 1922 Nr 43) beschrieben habe und der gestattet gewisse dynamische Vorgange am Zirkulationssystem mit großer Empfindlichkeit zur Darstellung zu bringen Es handelt sich um einen Volumschreiber besonderer Konstruktion zur graphischen Wiedergabe der pulsatorischen Kaliberschwankungen der Gefaße Man muß um *Vasomotorenwirkungen* an den erhaltenen Kurven sichtbar zu machen unter optimalen Bedingungen operieren, d h an den moglichst entspannten Arterien Da namlich der hydrostatische Blutdruck in den Gefaßen einen reflektorischen Tonus auslost, der kleinere Spannungsanderungen nicht zur Auswirkung kommen lassen wurde so muß bei Pulsaufnahmen am Unterarm dieser in erhobener Haltung fixiert werden Ein ahnliches Prinzip liegt auch meinem Apparat zugrunde Ich verwende keine Membran die bei der pulsatorischen Spannungszunahme unempfindlich wird, sondern einen Schwimmer, der bei jedem Innendruck im Uebertragungssystem aus der Nullage schwingen kann

Da ich bemuht war, Reflexvorgange zur Darstellung zu bringen, die sich auf der Haut abspielen und darauf bedacht sein mußte, die voraussichtlich geringfugigen Aenderungen der Pulskurve durch Verstarkung des Reizes in vergroßertem Maßstabe sichtbar werden zu lassen, so setzte ich die *ganze* Hautoberflache der Versuchspersonen den klimatischen Faktoren aus Das heißt ich untersuchte die Wirkung der Sonnenbader in der feuchten Luft des Tieflandes und in der exquisit trockenen Luft, die an schonen Sommertagen das Engadin auszeichnen

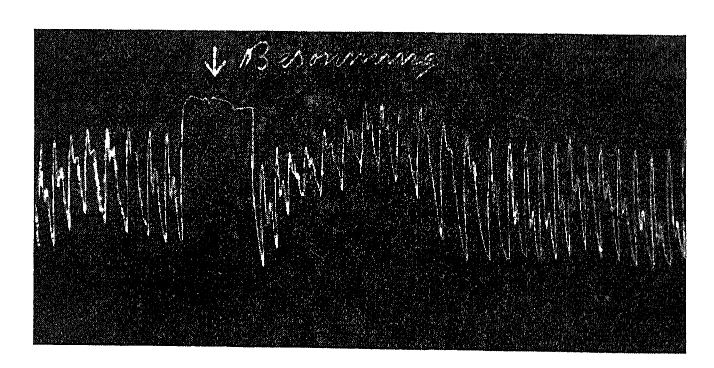


Fig 1
S W Reaktion der ersten Bestrahlung

Demonstrationen Das erste Bild zeigt die Wirkung der erstmaligen Bestrahlung bei einem 24jahrigen gesunden Mann An der Kurve ist ein vorubergehender, aber pragnant markierter Anstieg des Bludruckes (am Hoherrucken der Ausschlage) zu erkennen, welche

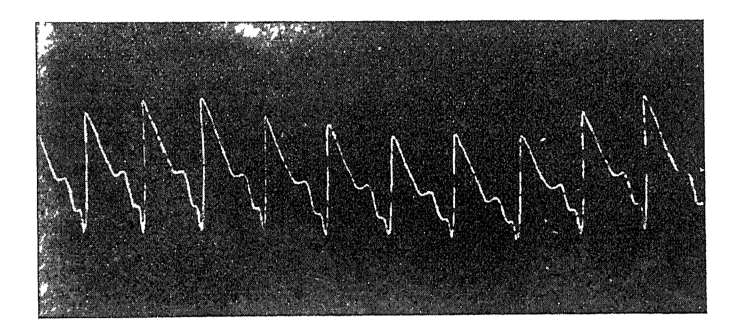


Fig 2
M H Vor dem Sonnenbad Blutdruck 125 mm Puls 76

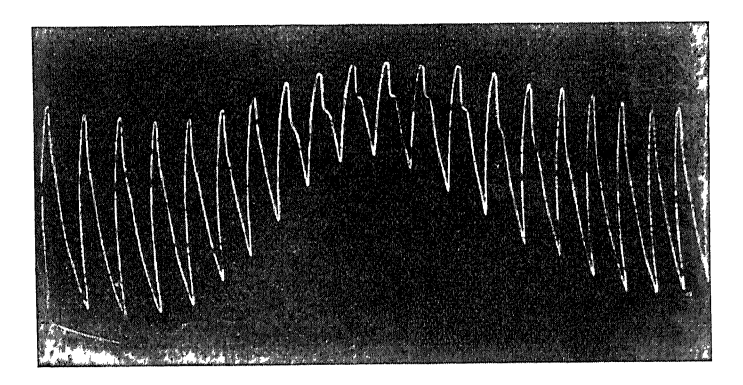


Fig 3
M H Nach 20 Besonnung in feuchter Luft Blutdruck 112 mm Puls 88 (Vergroßerung des Pulsvolumens Verschwinden der sekundaren Elevationen, S Mayer sche Wellen)

der gewohnlichen Blutdruckmessung entgehen wurde Die folgenden Kurven demonstrieren die starke Gefaßerweiterung und Erschlaffung nach 20 Minuten dauernder Besonnung in feuchter Luft Gleichzeitig sinkt dabei der Blutdruck von 125 auf 112 mm Die am Kurvenbild auftretenden rhythmischen Schwankungen des Blutdrucks deuten auf die durch die Besonnung stattgehabte Erregung des Vasomotorenzentrums Dagegen weist die an einer andern Versuchsperson an einem trockenen Tage in St Moritz aufgenommene Kurve nach

15 Minuten Besonnung keine Merkmale einer Gefaßveranderung auf und auch der Blutdruck blieb wahrend des Sonnenbades konstant Dafur zeichnen sich sehr deutlich die rhythmischen Blutdruckschwankungen als sogen *S Mayer'*sche Wellen ab Die Bestrahlungsversuche

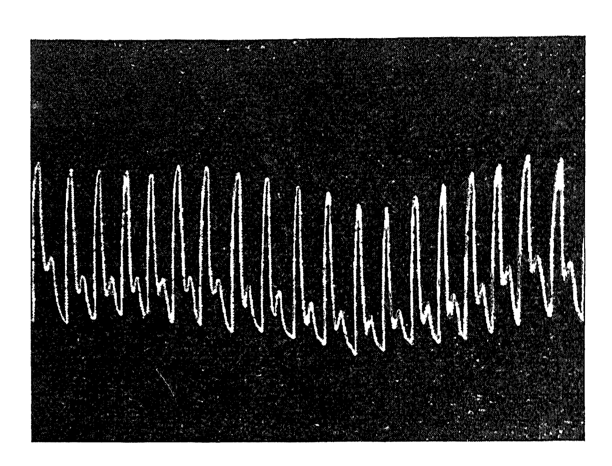


Fig 4
S W Vor der Besonnung Blutdruck 105 Puls 82

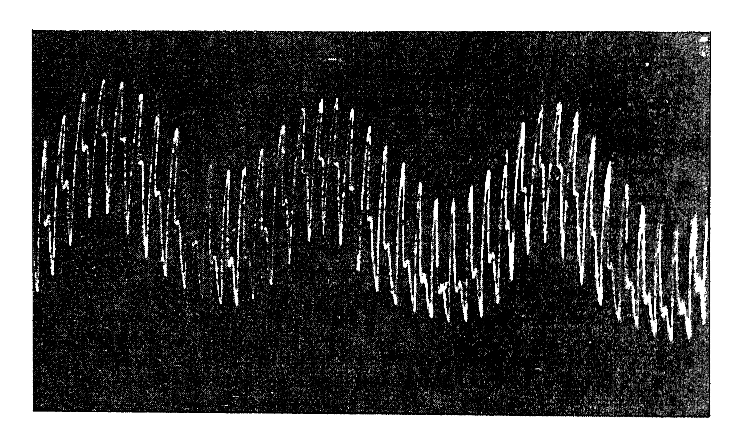


Fig 5
S W Nach 15 Besonnung in trockener Luft Blutdruck 105 Puls 86

wurden, um die Abstrahlung des beschatteten Korperteiles zu ermoglichen, in sitzender Stellung vorgenommen, der Kopf war bedeckt, die Augen durch Dunkelbrille geschutzt Wahrend bei den Versuchen in feuchter Luft (Tieflandklima) eine mehr oder minder starke Schweißbildung eintrat, fehlte diese bei der Besonnung im Hohenklima meist ganzlich

Das letzte Bild demonstriert die Gefäßwirkung eines ziemlich kräftigen, kühlen Windes (16°) bei leichter Bekleidung. Es kommt zu einer Konstriktion infolge der eintretenden Abkühlung.

Die Versuche zeigen die Wirkungen stark differenzierter meteorologischer Faktoren hauptsächlich am nackten Körper. Eine Uebertragung auf den bekleideten Zustand ist nicht ohne weiteres statthaft. Immerhin können wir daraus schließen, in welchem Sinne diese Faktoren das Gefäßsystem beeinflussen. Der Dampfgehalt der Atmosphäre im Tiefland bildet einen schützenden Mantel, der die einstrahlende Wärme zurückbehält und es zu einer Wärmestauung mit ihren Folgen kommen läßt: Gefäßerschlaffung, Blutdruckerniedrigung,

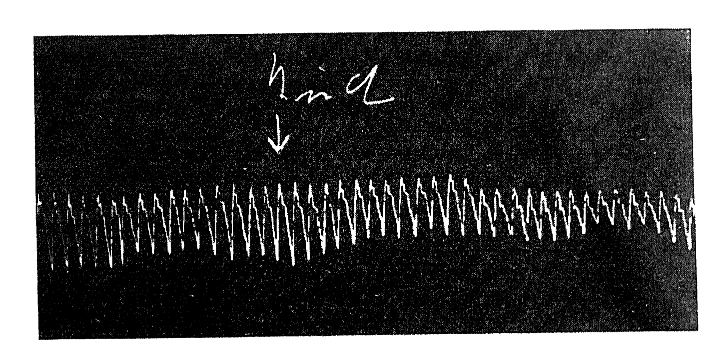


Fig. 6.
Selbstversuch. Reaktion kalten Windes bei leichter Bekleidung. (Abnahme des Pulsvolumens.)

Temperaturregulierung durch Schweißproduktion. Im trockenen Höhenklima fehlt dieser wie ein Treibhaus wirkende Wärmeschutz. Die freie Abstrahlung ist an offenen Orten (nicht in der Kabine) unter Umständen stark genug, um den Effekt der Erwärmung durch die Einstrahlung aufzuheben. Bei bewegter Luft, die beispielsweise im Hochtal des Oberengadins an schönen Tagen als normale Erscheinung zu gelten hat, kann der dadurch hervorgerufene Verlust an Kalorien die Wärmebilanz im negativen Sinne beeinflussen.

Die erwähnten Versuche scheinen mir darzutun, daß die Bezeichnung der erregenden und tonisierenden Wirkung des Hochgebirges, was das Oberengadin anbelangt, an den Gefäßnerven in objektiver Weise begründet werden kann. Wir haben in therapeutischer Hinsicht diese Wirkungen zu berücksichtigen durch Maßnahmen, welche zu ihrer Dosierung geeignet sind. In St. Moritz stehen uns als solche Maßnahmen die natürlichen Kohlensäurebäder zur Verfügung, welche infolge ihres regulierbaren Einflusses auf das Zirkulationssystem uns die Möglichkeit bieten, die Klimakur im schonenden und übenden Sinne zu unterstützen.

Nierenkrankheiten und Klima

Von Prof *W Loffler* Zurich

Klimatische Faktoren spielen in Aetiologie und Therapie der Nierenkrankheiten eine wohl untergeordnete, aber nicht zu vernachlassigende Rolle Die gebildeten chronisch Nierenkranken wissen, die halbgebildeten wissen es besser, daß Aegypten von gutem Einfluß auf ihr Leiden sein kann Mit und ohne Einwilligung des Arztes reisen sie nach Aegypten Einzelnen bringt der Aufenthalt Besserung, andern den Tod, viele bleiben unbeeinflußt Die Empfehlung des Wustenklimas, speziell der Stationen *Heluan* und *Assuan* grundet sich auf die Beobachtungen, daß dort oft *subjektive* Besserung eintritt, daß die Oedeme abnehmen, manchmal verschwinden, daß der Eiweißgehalt des Urins abnimmt daß beim Nierenkranken und beim Gesunden oft der Blutdruck sinkt, und daß gelegentlich auch Heilungen gewisser Nierenaffektionen beobachtet werden Es handelt sich hier im wesentlichen um eindrucksmaßige Beobachtungen Die Grundlagen fur die therapeutische Beurteilung der klimatischen Faktoren bei Nierenerkrankungen fehlten bis vor kurzem, und da Beobachtungen fur gunstige Wirkungen des Klimas sprachen, argumentierte man gemaß dem ‚Weltweisen' des Dichters „ sogleich wird auch von diesem die Moglichkeit bewiesen" Die Moglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung von Nierenleiden sah man in einer *Entlastung der Nieren* einem vikariierenden Eintreten der Hautfunktion und sprach von Nierenferien" Wesentliche Fortschritte der Heilkunde sind oft zunachst eindrucksmaßig empirisch, wie wir zu sagen pflegen, gewonnen worden und spater, oft viel spater erst kam die Begrundung fur die Tatsache der Heilwirkung Die Nierenaffektionen stehen hier nicht vereinzelt Bis vor kurzem fehlten die physiologischen Grundlagen fur die Beurteilung der Klimaeinflusse und es fehlte auch in einer praktisch befriedigenden Aufteilung des vielgestaltigen Bildes des Morbus Brightii

Beide Voraussetzungen sind heute zu einem guten Teil erfullt

Das *Klima* und speziell das *Wusten* und *Hochgebirgsklima* und ihre Einflusse auf den Stoffwechsel und die Hauttatigkeit sind vor allem durch die Forschungen *Loewy*'s und seiner Mitarbeiter festgelegt worden

Die *Einteilung* der *Nierenkrankheiten*, die sich zu einem guten Teil an den Namen *Volhard* knüpft, verdankt die ungewöhnlich rasche und allgemeine Verbreitung ihrer Brauchbarkeit in therapeutischer Hinsicht.

Zur Verständigung sei ein kurzer Hinweis auf das pathogenetische Einteilungsprinzip erlaubt, soweit sie hier interessieren *(Volhard, Lichtwitz)*. Beschränkung und Zwang, die jedes Schema aufweist, werden überkompensiert durch die Klarheit, die eine folgerichtige Therapie ermöglicht.

I. Vorwiegend am Glomerulus beginnende Affektionen.

Glomerulonephritis mit Hämaturie, Oligurie und früher Blutdrucksteigerung.

Ausgang in *Heilung* oder in *sekundäre Schrumpfniere* mit

a) *Stadium* der *Nierensuffizienz* und
b) *Endstadium* der *Niereninsuffizienz* mit Hyposthenurie, Isosthenurie und Vermehrung des Harnstoffes bezw. Reststickstoffes im Blute.

II. Vorwiegend am Tubulus beginnende Affektionen. (Epithelial-Nephrose)

a) *akute* (febrile Albuminurie)
b) *chronische* oder *subchronische*, gekennzeichnet durch Oedembereitschaft oder Oedem, meist hohen Eiweißgehalt des Urins *ohne* Blutdrucksteigerung.
Uebergang in Heilung oder Insuffizienz.

III. Am Gefäßapparat beginnende Affektionen.

a) *Juvenile orthostatische Albuminurie* (funktionell)
a) *Nephrosklerose* (Nephrosklerosis lenta oder benigna (Hypertonie)), gekennzeichnet hauptsächlich durch Blutdrucksteigerung, die hier in der Regel die höchsten Grade erreicht.
c) *Nephrosclerosis progrediens maligne Sklerose*, relativ rasch zur Insuffizienz und Urämie führend, gekennzeichnet durch hohen Druck plus renale Symptome in verschiedener Ausbildung.

IV. Herdförmige Nephritiden, *banale* oder *tuberkulose*.

Es *scheiden* für die klimatische Behandlung von vorneherein *aus* die akute Nephritis und die akute Nephrose im floriden Stadium; erst in der Rekonvaleszenz kommen klimatische Kuren in Frage. Ein Hinweis auf diese Krankheiten ist hier lediglich am Platze, weil ein klimatisch bedingter Komplex, die „Erkältung", ätiologisch eine gewisse Rolle spielt, wenn diese Träger bestimmter Krankheitserreger oder bestimmt konstitutionell veranlagte Individuen trifft. Damit ist auch hingewiesen auf die Gefahr des Windes und der Luftfeuchtigkeit für den *schon* Nierenkranken.

Es scheiden ferner aus und bilden eine *strenge Kontraindikation* gegen Klimakuren die Insuffizienzstadien der Nephritiden, Nephrosen und der „malignen" Sklerose mit erheblicher Harnstoff- bezw. Reststickstoffanreicherung im Blute, mit verminderter Verdünnungs- und Konzentrationsfähigkeit der Nieren. Des weitern scheiden aus alle Fälle mit Herzinsuffizienz, die besonders bei den sogen. benignen Sklerosen eintritt.

Es bleiben für die klimatische Beeinflussung nach ihrer Häufigkeit geordnet:

1 von vaskularen Affektionen
die orthostatische Albuminurie
die benigne Sklerose mit suffizientem Herzen
2 die mittleren Stadien der Nephritis ohne Insuffizienz
3 die subchronischen und chronischen Nephrosen,
4 die herdformigen Nierenerkrankungen (banale und tuberkulose)
5 Rekonvaleszenzstadien akuter Nephritiden und Nephrosen

1 Die orthostatische Albuminurie verlangt eigentlich *keine Behandlung*

Die Zurcher Schulkinder bedurfen zur Aufnahme in die zahlreichen Ferienkolonien der Stadt einer arztlichen Empfehlung Wir empfehlen Orthostatiker fur den Landaufenthalt ohne Rucksicht auf Ort, Kost und korperliche Leistungen Die Hauptgefahr der Erkrankung liegt in iatrogenen Schadigungen, indem das Gespenst der „Eiweißverluste" Eltern und Kindern die Lebensfreude vermindert

Die Nephrosklerosen sind konstitutionell und konditionell bedingt Psychische Faktoren, Kummer, Sorgen, Aufregungen, dann aber auch Ueberlastung des Stoffwechsels mit Speise und Trank sind Momente die ihr Entstehen begunstigen Sklerosen *im Beginn* kommen fur klimatische Behandlung sehr in Frage dabei ware Klima im weitesten Sinne zu verstehen und ist wirksam besonders auch durch die imponderablen Klimafaktoren die psychischen Wirkungen landschaftlicher und anderer Art, besonders durch den Milieuwechsel Deshalb soll in bezug auf Wahl des Ortes großte Freiheit walten um so mehr als eine besondere Ladierbarkeit der Nieren in diesem Falle nicht besteht Aegypten kommt fur diese Falle nicht in Frage, auch wenn das dortige Klima den Blutdruck etwas erniedrigt Das Hochgebirge ist durchaus erlaubt und zweckmaßig Die Laienassoziation daß ein Sinken des Luftdruckes ein Steigen des Blutdruckes zur Folge habe ist unrichtig, theoretisch falsch und wird praktisch nicht beobachtet, jedenfalls nicht innerhalb von Werten die ernstlich in Betracht kommen Allerdings bedingt ein Aufenthalt in der Hohe *kein Sinken* des Blutdruckes

Ich habe Patienten beobachtet, die in Zurich (450 m) und in Schuls (1250 m) ihren Blutdruck von 220 je bei langern Aufenthalten beibehielten, Zurich—Arosa (1850 m) 210 beibehielten, oder Zurich—Davos (1500 m) 190 mm Hg unverandert beibehielten Auch bei raschem Wechsel und Durchfuhrung der Reise aus dem Tiefland in die Berge oder umgekehrt in einem Tag, konnte ich keine wesentlichen Schwankungen des Blutdruckes feststellen, auch keine subjektiven Empfindungen, so wenig bei psychisch ruhigen Gesunden, wie bei Patienten mit leichter allgemeiner Atheromatose und solche mit Nephrosklerose Das Damoklesschwert der Apoplexie hangt uber jedem alteren Nephrosklerotiker mit hohem Druck Es muß aber gleich die Einschrankung gemacht werden daß die Aufhangung des Schwertes im allgemeinen bei Nephrosklerotikern mehr Vertrauen verdient als die bei Damokles Daruber, *wann* Apoplexie (oder Gefaßruptur an

anderer Stelle) eintritt, besitzen wir keine stichhaltigen klinischen Anhaltspunkte Der Zustand der einzelnen in Frage kommenden Gefaße entzieht sich unserer Kenntnis besonders bei mittelschweren Fallen ohne allgemeine Atheromatose Das Auftreten der Apoplexie erfolgt hierbei gemaß den Wahrscheinlichkeitsgesetzen, die auf den *einzelnen* Fall nicht anwendbar sind Dort, wo der Patient sich am langsten aufhalt wird ihn wenn uberhaupt, auch am ehesten die Apoplexie erreichen

Die Senkung des Blutdruckes bei Gesunden und Nierenkranken im Wustenklima ist von einer Reihe von Beobachtern festgestellt worden *(Schiffer Engel Loewy)* Die Wirkung wird erklart durch die Einwirkung von Strahlung und Warme auf die Haut Die dadurch erzeugte Erweiterung der gesamten Strombahn des Blutes mit Herabsetzung der peripheren Widerstande gibt die Erklarung Analoge Wirkungen erzielen wir aber auch durch ein warmes Bad mit nachfolgendem Frottieren besonders auch durch Kohlensaurebader und schließlich in beginnenden Fallen auch durch wiederholte Aderlasse Endlich ist die psychische Beruhigung und nicht zu vergessen die Einschrankung der Nahrungszufuhr manchmal von guter Wirkung, so daß Aegypten zur Herabsetzung des Druckes durchaus entbehrlich wird Man wird speziell Falle mit sehr hohem Blutdruck und starkerer allgemeiner Sklerose, und Verdacht auf Hirnsklerose von einer Reise nach Aegypten abhalten, damit der Patient nicht dort von der Apoplexie ereilt werde

2 Das fur die benigne Sklerose Gesagte gilt auch fur die mittleren Stadien der sekundaren Schrumpfniere" bezw der chronischen Nephritis mit Niereninsuf*fizienz* Maßige Spaziergange sind gestattet, selbst wenn eine leichte Insuffizienz der Nieren vorhanden ist indem die Muskeltatigkeit keine Belastung des Eiweißstoffwechsels bedingt und damit keine Mehrarbeit von den Nieren verlangt

Mit gelindem Erstaunen traf ich vor 8 Tagen einen Patienten mit maßiger Niereninsuffizienz auf der Diavolezza (2900 m) aufsteigend von Morteratsch, nach einer Hohenleistung von 1100 Metern Der Mann war bei vollem Wohlbefinden und auch zwei Tage spater sah ich ihn wieder in gunstigster Verfassung Es ist erstaunlich wie groß die Anpassungsfahigkeit auch der ladierten Niere ist wenn berucksichtigt wird daß das Sauerstoffbedurfnis dieses Organs ein sehr großes ist (zirka 11 % der Gesamtsauerstoffzehrung) und wenn man bedenkt daß in diesen doch ziemlich erheblichen Hohen der Partialdruck des Sauerstoffes herabgesetzt ist bei wohl gleichzeitiger Erschwerung des Stoffaustausches im kranken Organ Vermehrte Durchblutung des Organs bedingt durch die Anregung der Hauttatigkeit und vielleicht auch Vermehrung der roten Blutkorperchen konnen hier offenbar die genugende Kompensation schaffen

3 *Nephrose* Die chronischen und subchronischen Nephrosen sind die Falle die den Ruf des agyptischen Klimas als Heilfaktor bei Morbus Brightii begrundet haben Die Erklarung fur die gunstige Wir

kung der Klimafaktoren bei Nieren-Wassersucht suchte man, wie erwähnt, in einer entlastenden Tätigkeit der Haut. Diese Auffassung ist wohl unrichtig. Die große Wasserabgabe durch die Haut im Wüstenklima geht nicht durch Schweißbildung, sondern durch direkte Verdunstung vor sich. *Loewy* und seine Mitarbeiter konnten bei frei gewählter Flüssigkeitszufuhr keine Urinverminderung und keine Aenderung des spezifischen Gewichtes feststellen. Bei Schweißbildung trat allerdings eine erhebliche Elimination von Kochsalz und Harnstoff durch die Haut in Erscheinung. Erst bei Einschränkung der Kochsalzzufuhr der Kost wurde eine sehr geringe Harnmenge bis zu 200 cm³ pro die erzielt. Die günstige Wirkung in der Beseitigung der Oedeme hat man wohl darin zu sehen, daß Hautgefäße und Nierengefäße gleichsinnig reagieren, und daß die stärkere Durchblutung und Anregung der Haut auch eine Erweiterung der Nierengefäße bedingt, so daß der Niere mehr Material zur Elimination angeboten wird. Es liegt hier eine Wirkung vor, die speziell darauf beruht, daß die Zufuhr harnfähigen Materials, in diesem Falle des Wassers, zur Niere vermehrt wird. In ähnlicher Weise wirkt ja der Harnstoff als Diuretikum.

Aehnliche Faktoren, wenn auch weniger intensiv, wirken im Hochgebirge auf die Haut ein und können also in ähnlicher Weise die Nierengefäße reflektorisch beeinflussen. So erklärt sich wohl die etwas gesteigerte Diurese, die auch unter physiologischen Bedingungen im Hochgebirge gefunden werden (*Stäubli, Jaquet* und *Staehelin*).

Es besteht daher keinerlei Kontraindikation, Nephrose-Patienten ins Gebirge zu schicken, vorausgesetzt, daß sie daselbst nicht dem Winde oder der Feuchtigkeit ausgesetzt seien. Optimale Bedingungen in dieser Hinsicht bietet z. B. *Davos*. Die Verbringung von Nephrose-Patienten hierher scheitert aber sehr häufig an der durchaus unbegründeten Laienfurcht vor tuberkuloser Infektion. Aehnliche günstige Bedingungen der Trockenheit, Strahlung und Wärme bieten gewisse Stationen der italienischen *Riviera di Ponente* und speziell auch *Locarno*, das mit gutem Erfolg von Nephrose-Patienten aufgesucht wird. Viele Stationen der französischen Riviera sind für Nieren-Patienten etwas zu windig, ausgenommen Hyères.

Eingedenk der großen Vulnerabilität der Nephrose-Patienten wird man die Kranken speziell vor ‚klimatischen Exzessen' warnen müssen. Speziell kann das Erythema solare sehr ungünstig auf eine bestehende Nephrose einwirken, sieht man doch nach ausgedehnten Sonnenstichen akute Nephrosen und gelegentlich auch Hämaturien. Nochmals soll darauf hingewiesen werden, daß aber auch Nephrose-Patienten mit beginnender *Niereninsuffizienz nicht* in klimatische Kurorte gehören, sondern in häusliche Behandlung oder ins Krankenhaus. Durch allzu starke klimatische Einwirkungen werden sie gerade so wie die insuffizienten Nephritiker der Urämie entgegengetrieben. Besonders muß auch hervorgehoben werden, daß der klimatische Fak-

tor bei der Behandlung der Nephrosen ebenso wie bei andern für diese Therapie in Frage kommende Nierenkrankheiten *stets unterstützt sein muß von allen übrigen therapeutischen Erfordernissen, die die Nierentherapie verlangt.* Nur wenn neben den klimatischen Faktoren die *diätetischen* und richtig angewendeten medikamentösen Hilfsmittel restlos zur Verfügung stehen, können wir die Verantwortung übernehmen, Nierenkranke, speziell Nephritiker und Nephrotiker an klimatische Kurorte zu schicken.

Von den klimatischen Einflüssen besitzt Aegypten zweifellos für Nephrosen günstige Bedingungen. Die wahllose Uebersiedlung Nierenkranker überhaupt und oft schwer insuffizienter Nephritiker nach Aegypten ist gefährlich. Es ist nicht abzusehen, welches Unheil bei solchen Patienten angerichtet würde, wäre Aegypten so leicht zugänglich wie die Milch. Auch die Milch-Therapie hat, wie Sie wissen, ihr ausgezeichnetes Indikationsgebiet in bestimmten Formen der Nephrose. Dort leistet sie Hervorragendes. Sie kann aber auch Schaden stiften, indem die Milch in vielen Fällen nicht nur keine Entlastung der Nieren bewirkt, sondern oft eine Mehrbelastung und gleichzeitig eine diätetische Tortur bedeutet.

Die Kurve zeigt das Verhalten einer Nephrose unter den Einflüssen einiger leicht bestimmbarer klimatischer Daten. Es finden sich in der Kurve verzeichnet nach täglichen Bestimmungen: Menge des Getränkes, Menge der Harnausscheidung, spezifisches Gewicht des Harnes, Körpergewicht, von Klimafaktoren: Sonnenscheindauer, durchschnittliche Tagestemperatur und mittlere relative Feuchtigkeit in den Mittagsstunden.

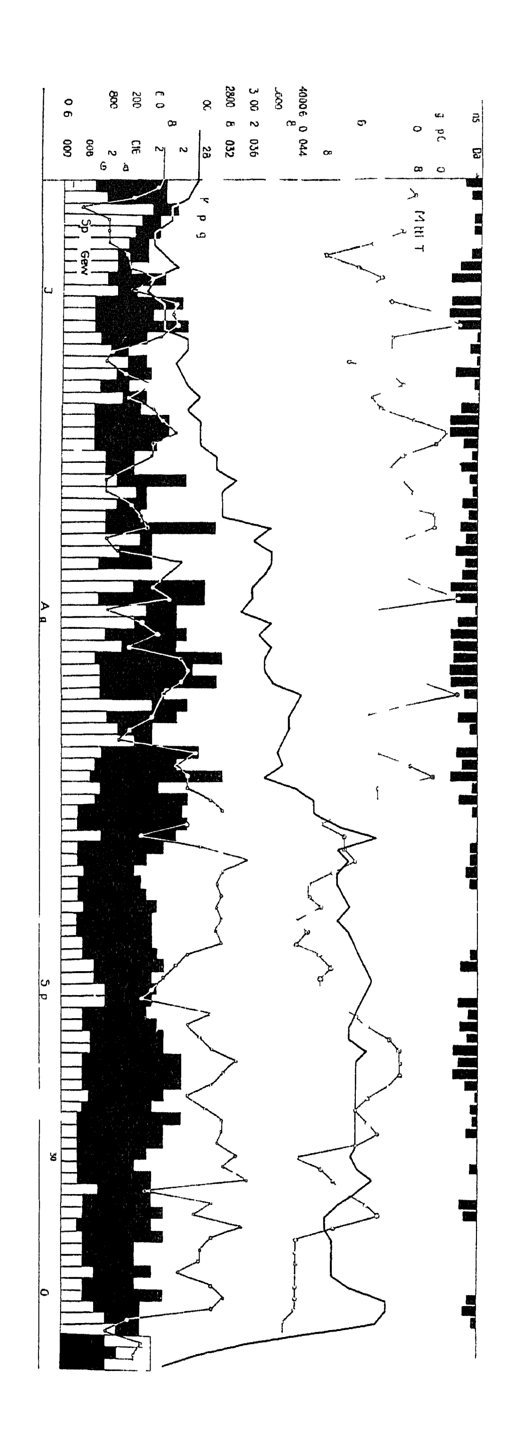
Es zeigt sich die deutliche Abhängigkeit des spezifischen Gewichts von der Harnmenge. Dann ist deutlich das vermehrte Flüssigkeitsbedürfnis an den warmen Tagen. Es entspricht die Harnausscheidung bei weitem nicht der Mehrzufuhr. Nur ein relativ kleiner Teil der im Ueberschuß zugeführten Flüssigkeit erscheint als Vermehrung des Körpergewichtes, ein erheblicher Teil des Flüssigkeitsüberschusses verläßt den Körper durch Perspiratio insensibilis und durch Schweißbildung.

Ein deutlicher Einfluß der Klimafaktoren auf andere Komponenten in der Kurve ist nicht erkennbar. Auch der Gesamtverlauf der Erkrankung wurde nicht deutlich durch Klimafaktoren beeinflußt. Patient gab aber des Bestimmtesten an, daß er sich an den sonnigen warmen Tagen, die er ausnahmslos in der Liegehalle zubrachte, ganz wesentlich wohler fühle als an den bedeckten kalten oder feuchten Tagen.

Der Kurvenabschnitt betrifft die letzten drei Monate der zirka einjährigen Erkrankung. Nach dem in der Kurve terminal dargestellten Absinken des Körpergewichts als Ausdruck der Entwässerung trat bald wesentliche Besserung und Heilung ein, die seit 2 Jahren anhält.

4—5. Endlich bilden eine Indikation für klimatische Kuren die *Rekonvaleszenz nach akuten Nephritiden, nach akuten Nephrosen* und speziell auch die *herdförmigen Nierenerkrankungen.*

Für alle diese Fälle gelten die Postulate des *windgeschützten, sonnigen, trockenen* und *warmen* Klimas; die Meereshöhe kann beliebig gewählt werden. Auch hier ist Voraussetzung, daß der Kurarzt die Nierenkrankheiten versteht, daß er zu unterscheiden vermag zwischen einer belanglosen Rest-Albuminurie und Rest-Hämaturie und Albuminurie und Hämaturie von Bedeutung, daß er die Herdnephritis



nicht mit der Pannephritis verwechselt und so zu unrichtigen Indikationen und falschen Aussagen dem Kranken gegenuber kommt

Ein besonderes Indikationsgebiet kommt der Nierentuberkulose als Spezialform der herdformigen Nierenerkrankung zu

Die einseitige Nierentuberkulose gehort in die Hand des Chirurgen Bei der beidseitigen Nierentuberkulose stehen die Indikationen der allgemeinen Tuberkulosebehandlung im Vordergrund die Anwendung von Tuberkulin und die Klimaeinflusse die sich in diesen Fallen mit den Indikationen der ubrigen tuberkulosen Erkrankungen decken

Diese kurze etwas schematische Uebersicht zeigt, daß wir heute auf dem Gebiete der Nierenkrankheiten in Bezug auf klimatische Faktoren ziemlich scharfe Indikationen stellen konnen, daß wir eine gewisse Einsicht in die Wirkungsweise klimatischer Faktoren bei Nierenkrankheiten haben Auffassungen, die nicht unwesentlich von fruhern differieren daß aber auch in diesen Gebieten noch vieles unsicher ist und daß sich auch hier erfreuliche Ausblicke fur weitere Forschertatigkeit bieten

Das Klima muß als Pharmakon im alten Sinne des Wortes aufgefaßt werden als Zaubermittel das gut angewendet Nutzen stiften unrichtig angewendet aber großen Schaden anrichten kann

---

Klima und Nervenkrankheiten

Von *O. Veraguth*, Zürich

Der jetzige Stand des Problemes Klima und Nervenkrankheiten läßt praktische Fragen von wesentlicher Bedeutung noch gänzlich unbeantwortet und befriedigt das wissenschaftliche Bedürfnis gar nicht. Diese Unzulänglichkeit hat ihren guten Grund. Die beiden Begriffe, die das Thema zueinander in Beziehung stellen will, sind für unser gegenwärtiges ärztliches Denken weder abgeschlossen, noch endgültig durchgearbeitet. Die Klimatologie steht in voller Entwicklung, die Neurologie hat eben jetzt tiefgreifende Wandlungen durchzumachen.

Die Frage nach dem *Wesen* des Klimas ist zunächst Sache des Physikers und somit vorwiegend ein Gebiet naturwissenschaftlicher Forschung mit zahlenmäßigen Ergebnissen. Groß ist unsere der Aerzte Bewunderung für diese exakte Arbeit. Aber es regt sich doch bei ihrer Betrachtung die für unsern Beruf natürliche biozentrische, bezw. anthropozentrische Tendenz. Und so stellen sich Fragen ein: Ist das, was zahlenmäßig erfaßt wurde, alles im Klima, was auf die Lebewesen, insbesondere den Menschen wirkt, oder gibt es nicht noch recht viele Imponderabilia im Klima, die vielleicht in ihrer Reizwirkung von ebenso wesentlicher Größenordnung sind? Das Festlegen von Mittelzahlen über Klimafaktoren an einem Ort ist wertvoll und mag dessen Klima für den Physiker kennzeichnen. Aber sind nicht die Variationskurven der einzelnen Klimaelemente und ist nicht insbesondere der Zeitfaktor in dem Zusammenspiel dieser Elemente für die Gesundheit und für die Beeinflussung der Krankheit wichtiger als jene Durchschnittswerte? Es gibt verschiedene Klimaeinteilungen, es werden mancherlei Klimagürtelzonen unterschieden. Für uns aber steht die Frage offen: Wird eine dieser Uebersichtseinteilungen den Tatsachen gerecht, daß klimatische Einflüsse zu dem phylogenetisch ältesten mnemischen Besitze des Menschengeschlechts gehört, daß die Anpassungsfähigkeit an das Klima bei der Spezies homo sapiens diejenige aller andern Arten weit übertrifft, daß der Mensch mit seinem künstlich variablen Privatklima Ausgleichvorrichtungen besitzt, wie sonst kein Lebewesen?

So wandelt sich für uns Aerzte unversehens die Frage nach dem Wesen des Klimas in die Frage nach seinen Wirkungen auf den

menschlichen Organismus Aus der Klimatophysik erwachst fur uns der Wunsch nach einer Klimatophysiologie und Klimatopathologie Erst die letzten Jahre haben auch die weiten Perspektiven einer Klimatopsychologie eroffnet

Unnotig an diesem Kongreß des weitern darzutun, daß die Klimatologie in reicher Entfaltung begriffen ist

Indes ist die Lehre von den Nervenkrankheiten auch nicht unverandert geblieben Es mogen 4 Gesichtspunkte genugen um dies zu zeigen

1 Befriedigt die bisher gultige Einteilung der Nervenkrankheiten in organische und funktionelle unsere jetzigen Anschauungen nicht mehr Sie ist veraltet, wie jede andere medizinische Anschauung die rein nur auf pathologisch anatomischer Grundlage gewonnen worden ist Heute hat man das Recht eine Uebersicht uber die Nervenkrankheiten vom physiopathologischen Standpunkt aus zu verlangen Insbesondere dem therapeutischen Interesse kommt eine solche Anschauungsweise eher entgegen Auf der untenstehenden Tabelle sehen Sie einen Vorschlag zu einer solchen Einteilung

Nervenkrankheiten

1 *Irreversible Vorgange*

- **Mißbildungen**
- **Abiotrophien** { **Friedreich sche Krankheit Amyotrophien Bulbarparalyse familiare Opticusatrophie etc)**
- **Zerstorung von Neuronen**
  - **durch Zirkulationsstorungen**
  - **durch mechanische Gewalt**
  - **durch Tumoren**
  - **durch Gliawucherung**

2 *Reversible Vorgange*

- **Entzundungen**
- **Toxikosen**
- **Zerstorung von regenerationsfahigen Neuriten**
- **Storungen der optimalen Erregbarkeit**
  - **a) Vorwiegend vegetativ nervos bedingt**
  - **b) Vorwiegend psychisch bedingt**

Die krankhaften Vorgange im Nervensystem sind entweder irreversibel oder reversibel Zu den irreversiblen Veranderungen sind zu zahlen die Mißbildungen und die von *Gowers* sogenannten Abiotrophien (wie *Friedreich*'sche Krankheit Bulbarparalyse etc) und die Zerstorung von Neuronen durch Blutabsperrung Blutungen durch mechanische Gewalt durch Tumoren und durch Gliawucherung (wie bei der Syringomyelie) Kein Mittel ist denkbar, diese Veranderungen selbst ruckgangig zu machen

Im Gegensatz dazu sind im Prinzip reversibel die entzundlichen Vorgange (sie sind im zentralen Nervensystem allerdings meist von der irreversiblen Zerstorung von Neuronen begleitet) die Toxikosen die durchaus nicht immer den Untergang von Nervengewebe zur Folge haben mussen sodann die Zerstorung von regenerationsfahigem Nervengewebe (die Neuriten im peripheren Nerven) und schließlich

die numerisch weitaus vorwiegenden Storungen der optimalen Erregbarkeit der Nervenelemente Diese letztere Kategorie umfaßt wohl im wesentlichen die sogenannten Neurosen

2 Diese umfassen ein Gebiet auf dem die Neurologie der letzten zwei Jahrzehnte gehorig umzulernen hatte Es ist auch das Gebiet, in dem die Klimatotherapie bis jetzt am meisten in Frage gekommen ist Sie finden in der Literatur durchwegs die Angabe daß die funktionellen Neurosen namlich Neurasthenie, Hysterie, Hypochondrien ja selbst Angstneurosen und traumatische Neurosen, sogar Melancholien klimatisch wesentlich beeinflußt werden konnen

Die heutige Neurologie wird solche Indikationsstellungen mit Skepsis betrachten Vor allem deshalb, weil zwei weitere wichtige Wandlungen in ihrem eigenen Gebiet gelehrt haben, das Wesen dieser Krankheiten anders zu betrachten als dies noch vor einigen Jahren ublich war

Die eine Aenderung ist die starke Verlegung des wissenschaftlichen Interesses auf das vegetative Nervensystem, das bis vor kurzem die Nervenarzte nur nebenbei beschaftigt hat Heute wissen wir, daß von den Neurotikern ein großer Prozentsatz an mangelhafter Funktion dieses phylogenetisch altesten Teiles des Nervensystems leidet Was insbesondere fruher Neurasthenie hieß, ist wohl selbst in den sogenannten zerebralen und spinalen Formen zunachst eine vegetativ nervose Erkrankung mit all ihren Konsequenzen der Wirkung auf die Hormonalorgane nach der einen Seite die Wirkung auf die zerebrospinale Achse auf der andern Seite Wir stehen erst im Anfang weitgehender Umwandlungen auf diesem Forschungsgebiet und mir scheint es sicher zu sein, daß gerade die Frage der klimatischen Beeinflussungen solcher krankhafter Zustande aus Fortschritten der Forschung uber das vegetative Nervensystem insbesondere Vorteile ziehen wird

Die andere Aenderung ist etwas alteren Datums Es ist dies

3 eine Wandlung im neurologischen Denken die ebenfalls gerade auf dem Gebiet der funktionellen Neurosen umwalzend gewirkt hat Das ist die gerechte Wurdigung der psychischen Komponente eine Einsicht die eingesetzt hat mit den psychotherapeutischen Bestrebungen verschiedenster Observanz und der unser Verstandnis fur mancherlei pathologische und normale Vorgange ungemeine Erweiterung verdankt So kann heute als gesichert gelten, daß bei der Hysterie der Hypochondrie der Angstneurose, der traumatischen Neurose etc der Schwerpunkt der krankhaften Veranderungen im psychischen Gebiet zu suchen ist (wobei nicht gesagt sein soll daß apsychische Veranderungen bei diesen Krankheiten nicht auch mitspielen, bloß wiegen sie nicht vor) Man kann auch meines Erachtens heutzutage nurmehr zu Unrecht sich gegen die Erkenntnis strauben daß die tiefen Stufen des Bewußtseins in der Genese solcher Zustande praponderieren Diese Erkenntnis von der Macht des Unbewußten ist ein gewaltiger Schritt vorwarts Er er

offnet uns auch fur die normale Psychologie, selbst fur die Physiologie weitere Verstandnismoglichkeiten Wenn wir z B von solch modernem psychologischem Standpunkt aus die sensiblen Afferenzen betrachten, so ist es klar, daß von den Reizen die unsere Hautrezeptoren treffen, nur ein Bruchteil unser bewußtes Empfinden erreichen wahrend unbewußt bleibende Wirkungen derselben Reize tiefere Instanzen unseres Nervensystemes beeinflussen Jedermann wird zugeben daß gerade die Klimato Physiologie und Therapie mit diesen Teilen der Reizfolgen sich reichlich zu beschaftigen hat Wurde man auf dem alten Standpunkt verharren, daß nur das Sensibilitat sei, was wir bewußt empfinden, so ware unserer Forschung auf diesem Gebiet alsbald Tur und Tor geschlossen Gerade die Lehre von den Klimawirkungen kann nur aufgebaut werden auf der scharfen Unterscheidung von bewußtwerdenden und unbewußt bleibenden Reizfolgen, und somit auf objektiven und subjektiven Kennzeichen der Wirkung von Klimareizen auf Erfolgsorgane von der Psyche hinunter bis zu den periphersten Drusen und Kapillaren

Ein weiterer bedeutender Fortschritt zufolge neuzeitlicher Zentrierung unseres Denkens auf die Psychologie macht sich ebenfalls auf klimato therapeutischem Gebiete geltend In den gelesensten Handbuchern der letzten Jahrzehnte steht noch geschrieben, daß bei Neurosen der Klimawechsel gunstig wirken konne, weil durch die Ortsveranderung *gleichzeitig* der Kranke einem neuen Milieu, neuen Eindrucken, neuer Tageseinteilung, ja weil er einer andern Nahrung ausgesetzt sei Heißt dies Dem Klima geben, was des Klimas ist? Ist dies nicht eine ganz unreinliche Vermengung von nicht oder nur wenig dem Wesen nach Zusammengehorigem? Ein Sichverstecken hinter Selbstverstandlichkeiten wenn uber noch wenig Abgeklartes ausgesagt werden sollte?

Solcherlei Unklarheiten sind heute weniger wahrscheinlich, nachdem der Blick fur die Wichtigkeit des Psychologischen gescharft ist Ein Hinweis auf die hervorragenden Verdienste *Hellpach*'s in dieser Richtung genugt an dieser Stelle

4 Und schließlich kann darauf hingewiesen werden, daß auch die Neurologie von den neueren Forschungen uber die Konstitution, fur welche ja die Medizin in den letzten Jahrzehnten machtiges Interesse gezeigt hat, beeinflußt worden ist Es mag fur das heutige Thema in diesem Zusammenhang beispielsweise nur an die konstitutionellen Typen der klimatischen Anpassungsfahigkeit erinnert werden an die Kalte, Warme, Kontrast und Anpassungsnaturen *Hellpach*'s und an die verschiedenen konstitutionell bedingten Ablaufsformen die *Kollarits* in der Reaktionsbereitschaft einzelner Individuen auf Klimatunterschiede, in weiter gehender Differenzierung der alten Begriffe des erethischen und torpiden Charakters unterscheidet

* *

Von solchen Gesichtspunkten aus sei zuerst besprochen die Rolle des Klimas in der *Genese* von Aenderungen des Nervensystems, sodann die *Kontra-Indikationen* und schließlich die *Indikationen* klimatischer Beeinflussungen bei den verschiedenen auf der oben zitierten Tabelle auseinandergehaltenen Gruppen der Nervenkrankheiten.

Exzessive Klimata konnen das Nervensystem schadigen. *Lindhard* hat die deprimierende Wirkung der Polarnachte plastisch geschildert. Es tritt Schlaflosigkeit ein, nach dem Erwachen ist man trage, gereizt, deprimiert, die Initiative vermindert sich, Arbeiten werden nur begonnen, nicht fortgesetzt, die Energie versandet.

Die Einwirkung der Tropenklimata auf Europaer ist bekannt. Auch wenn anderweitige Schadigungen, etwa durch Fieber, Alkohol etc. nicht im Spiele sind, so tritt nach ubereinstimmenden Angaben bei den meisten im zweiten oder dritten Jahre jene Veranderung ein, die mit Mattigkeit, Schlafstorungen, Gereiztheit beginnt und sich allmahlich bis zu einem Erschopfungszustand steigern kann.

Ob fur das Eintreten des sogenannten Tropenkollers neben den Klimaeinwirkungen nicht auch anderweitige Determinanten endogener Natur (psychopathische Disposition) oder exogener Art (chronische Vergiftungen) *notwendige* Vorbedingungen sind, entzieht sich mangels eigener Beobachtungen meinem Urteil.

Aber auch in den gemaßigten Zonen kann das Klima dem Nervensystem in schadigender Weise zusetzen, in besonders ungunstigen Witterungskombinationen den Menschen toten, unter den Erscheinungen schwerer Beeintrachtigung regulatorischer nervoser Funktionen. Diese pathologischen Zustande sind ja alle bekannt und es wurde eigentlich genugen, an Hitzschlag, Sonnenstich, Erfrierung und Bergkrankheit mit bloßer Aufzahlung zu erinnern.

Es mag aber vielleicht gestattet sein, daß solche Klimawirkungen fur einen Augenblick scharfer unter die Lupe genommen werden. Sind sie doch geeignet, uns die Angriffsstelle von Klimafaktoren im Nervensystem z. T. aufzuzeigen, die Wichtigkeit der Kombination bestimmter Klimaelemente fur ihre Wirkung auf das Nervensystem zu demonstrieren, die Bedeutung der Zeitfunktion ins Licht zu setzen und schließlich uns daran zu erinnern, daß fur einzelne tiefgreifende Veranderungen im nervosen Getriebe unter solchen Klimaeinwirkungen die klimatologischen Erklarungen noch ganzlich ausstehen.

Um mit der letztern Gruppe zu beginnen, sei die Bergkrankheit mit ihren durchaus nervosen Symptomen angefuhrt. Noch in seiner neuesten Zusammenstellung uber allgemeine Klimatologie hat *A. Loewy* auf die Unsicherheit der bisherigen Erklarungsversuche hingewiesen und auf die Moglichkeit, daß Elektrizitats oder Radio-Aktivitatsverhaltnisse in der Luft die materia peccans seien.

In die gleiche Kategorie gehoren die nervosen Zustande, die viele Leute zeigen, wenn bei uns in den Alpen der Fohn regiert. Soweit meine Erfahrung reicht, ist die Fohnempfindlichkeit doch ein Stigma vegetativ nervos Disponierter. Hemilraniker, diese Prototypen der

Vasomotorenüberempfindlichkeit stellen ein besonders großes Kontingent zu diesen Opfern einer klimatischen Beeinflussung. Aber welches die schädlichen Klimabedingungen sind, die der Föhn mit sich bringt, ist m. E. bis jetzt noch nicht festgestellt worden. Auch die Zusammenstellung der Wirkung des Föhns mit derjenigen anderer „nervenerregender“ Winde in andern Breiten, dem Scirocco in Italien, dem Khamsin in Egypten, dem Leveche in Spanien, dem Zonda in Argentinien, den gefürchteten Nordwinden auf St. Helena und in Natal und dem Südostwind in Kapland löst das Rätsel nicht, weil auch bei all diesen Winden die bisherige Erklärung für ihre merkwürdige Wirkung auf das Nervensystem nicht gefunden worden ist.

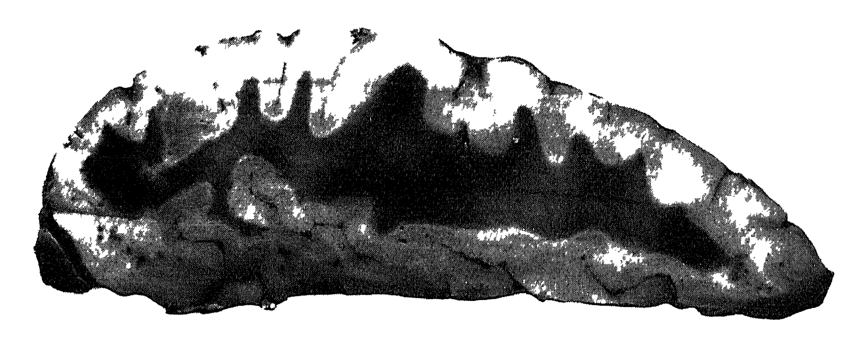
Die Wichtigkeit des Zeitfaktors in der Wirkung von Klimareizen illustriert bei längerer Summierung derselben die oben angeführte Polarnacht und das Tropenklima, und nach relativ kurzer Einwirkung der Vorgang der Erfrierung. Auch bei dieser sind es in erster Linie pathologische Vorgänge im Nervensystem, die das klinische Bild zusammensetzen. Erst die Schädigung der Wärmeregulierung, dann die Koordinationsstörung und schließlich ein medullarer Tod. Damit bei tiefer Temperatur die ganze Reihenfolge dieser Symptome auftrete, ist aber immerhin eine gewisse Dauer der nociceptiven Reize notwendig. Gegen kurz dauernde ebenso tiefe oder noch tiefere Temperaturen würden die Ausgleichvorrichtungen der Wärmeregulation mehr als genügen.

Die Notwendigkeit der Kombination von bestimmten Klimafaktoren zum Zustandekommen einer schweren Schädigung, die ebenfalls als akuter Defekt des Nervensystems betrachtet werden muß, zeigt der Hitzschlag. *Jakubasch*, dem wir hierüber eine besondere Arbeit verdanken, weist auf Fälle dieser Affektion hin, bei denen die schädigende Temperatur gar nicht besonders hoch, die gleichzeitige Luftfeuchtigkeit aber derart war, daß die Wärmeregulierung des Organismus Schaden litt, so einmal bei 24—28 Grad Celsius Lufttemperatur und 72% Feuchtigkeit, einmal sogar bei 18 Grad Celsius, aber 76% Luftfeuchtigkeit. Zunehmende Schwäche, erst profuse Schweißsekretion, Kopfschmerz, Beklemmung, erhöhte Herztätigkeit, dann Schwindel, Bewußtseinsverlust, Versiegen der Schweißsekretion, maximale Herzbeschleunigung, flache Atmung, schließlich allgemeine Krämpfe, Erweiterung der früher eng gewesenen Pupillen — dieser ganze Ablauf der Hitzschlagsymptome weist auf Schädigung vornehmlich des vegetativen und erst sekundär auch des zerebrospinalen Nervensystems hin.

Eine besondere Demonstration über die Angriffsstelle des schädigenden Klimafaktors bietet, so glaube ich, ein Hirnpräparat, das von einem an Sonnenstich Gestorbenen stammt und das ich dank der Liebenswürdigkeit des Kollegen *Ruppanner* in Samaden, Ihnen zeigen kann. Es ist bekannt, daß über den Sonnenstich die letzten Akten auch noch nicht abgeschlossen sind. Nach den einen genügt die In-

solution des Schädels nach andern muß dazu die Wärmestauung im ganzen Körper kommen, um die Schädelbestrahlung tödlich wirken zu lassen. Die Tierversuche von *Aron* an Affen sprechen für die letztere Annahme. Sei dem wie ihm wolle, so ist die Frage doch interessant, wo denn und wie die Sonnenstrahlen auf das Gehirn wirken. Das Präparat, das Fig. 1 im makroskopischen Bilde zeigt, dürfte auf diese Frage vielleicht eine gewisse Antwort geben. Sie sehen vor sich das Bild einer Purpura cerebri.

Die Marksubstanz ist mit minimen Blutungen und anderweitigen Folgen der lokalen Zirkulationsstörung so durchsetzt, daß sie im Formolpräparat sich wie durch eine elektive Färbung in toto von der Rinde abhebt. Nur ein ziemlich breiter Streifen subkortikalen Markes erscheint weit herum intakt und die Rinde zeigt fast keine Störungen. In mikroskopischen Bildern sieht man im Mark kleine perikapillare Ringblutungen und weite Höfe von Markzerstörung durch perivaskuläres Oedem und den Beginn reaktiver Gliawucherung.[1])



Schnitt durch das Hirn eines an Sonnenstich Verstorbenen

Das Gehirn stammt von einem 35jährigen Manne, der im Jahre 1923 während etwa 8 Tagen im Berninagebiet bei heißem sonnigem Wetter von Klubhütte zu Klubhütte wanderte und dann in einer solchen Hütte bewußtlos aufgefunden, ins Spital gebracht wurde und dort im tiefsten Koma ohne ein anderes Bild als das einer Hyperthermie, des hohen Pulses und einer ausgesprochenen Nackenstarre, einer Lymphocytose im Liquor, einer Leukocytose und einer leichten Albuminurie aufzuweisen, starb.

Dies ist der zweite Fall, bei dem nach Sonnenstich im Gebirge bei der Sektion Hirnpurpura gefunden worden ist. Der erste ist von *Schwab* im Berner pathologischen Institut beschrieben worden und jenes Gehirn stammt von einem Mann, der im Finsteraarhorngebiet der Insolation zum Opfer fiel. Makroskopische und mikroskopische Befunde sind bei beiden Fällen ungefähr gleich.

Ist es nun nicht merkwürdig, daß die der Schädeloberfläche näher liegenden kortikalen Gefäße sozusagen normal, die tiefer liegenden des Markes aber im Zustand der Staseerweiterung mit all

[1]) Der Fall wird demnächst andernorts ausführlich veröffentlicht.

den Folgeerscheinungen in Gestalt von Gefäßwandnekrose, von perivaskulären Oedemen und Diapedese, z. T. auch der Rhexis sind? Ich möchte mit aller Reserve auf ein Analogon in der Wärmewirkung auf die Haut aufmerksam machen. Es ist bekannt, daß strahlende oder konvektive Wärme von großer Intensität und genügender Dauer subkutane Abschnitte des Zirkulationsapparates viel schwerer und länger lähmt als die oberflächlichen Hautschichten, die Nachwirkung der thermischen Beeinflussung aufweisen. Dies zeigen die großmaschigen marmorierten Zeichnungen der Haut, die beispielsweise unter heißen Kataplasmen lange Zeit fortzubestehen pflegen. Die Analogie in beiden Phänomenen der Wärmewirkung auf den menschlichen Körper kann darin gesehen werden, daß sowohl in der Haut als auch im Gehirn gewisse nicht ganz oberflächlich liegende Teile des Vasomotorenbaumes für bestimmte thermische Beeinflussungen besonders empfindlich sind, während oberflächlicher liegende Vasomotoren sich der Beeinflussung besser anpassen. Ist diese Auffassung richtig — und sie erklärt die merkwürdige Verteilung der Schädigung im Gehirn doch recht einfach — so würde dies heißen, daß der Sonnenstich eine Nervenkrankheit aus zwei Gründen sei: 1. weil die primäre Ueberwärmungsschädigung ganz bestimmte Vasomotorenabschnitte, also vegetative Nerven, — trifft, und 2. weil die sekundären Folgen sich in den Neuriten des Hirnmarkes auswirken.

Alle die eben angeführten Schädigungen durch Klimafaktoren beruhen auf exzessiver Größenordnung im Vergleich zu den Anpassungsvorrichtungen des Körpers, welche vornehmlich im vegetativen Nervensystem lokalisiert sind.

* * *

Nun können aber auch Schädigungen einsetzen, wenn die gleichen Klimafaktoren noch innerhalb ganz geringer Größenordnung wirksam sind, die Anpassungsvorrichtungen des Organismus aber durch Krankheit gelitten haben. Hieraus ergeben sich die *Kontraindikationen* der Klimatotherapie bei gewissen pathologischen Zuständen. Sie sind relativ leicht verständlich, beispielsweise bei Uebererregbarkeit sensibler Neurone. Neuralgien, Neuritiden im schmerzhaften Stadium und radikulitischen Schmerzen der Tabiker verlangen Schonung. Solche Patienten soll man deshalb nicht in rauhe Klimata mit heftigen Temperaturschwankungen versetzen, auch nicht in Gegenden, wo nervenerregende Winde herrschen, wenigstens nicht zu Zeiten, da solche regelmäßig einzusetzen pflegen.

Im übrigen beziehen sich die Kontraindikationen bestimmter Klimata insbesondere auf die Schwierigkeit der Akklimatisation. Da diese im wesentlichen wieder eine Funktion der vegetativ nervösen Ausgleichvorrichtungen und die Pathologie derselben noch wenig ausgebaut ist, sind wir auch in der Vorausbestimmung der Akklimatisationsbeschwerden bei den einzelnen pathologischen Zuständen wenig

sicher. Soviel steht fest, daß man beispielsweise bezüglich der Akklimatisation im Hochgebirge auch bei nervösen Erkrankungen im allgemeinen viel zu ängstlich gewesen ist. Vorausgesetzt, daß die ärztlichen Ratschläge für die ersten Tage im Hochgebirge gut sind und auch befolgt werden, überwinden auch ernstlich in ihrem cerebrospinalen und vegetativen Nervensystem Geschädigte, zum Beispiel hemiplegische Arteriosklerotiker, Epileptiker, Hirntumorbehaftete usf. die Anpassungsschwierigkeiten meist ganz leicht.

Aeußerst schwierig zum Voraus zu beurteilen ist die Reaktion des kranken Nervensystems auf Klimawechsel, wenn Schlaflosigkeit im Krankheitsbild vorherrscht. Höchstens das Asthma nervosum erreicht denselben Grad von Launenhaftigkeit gegenüber klimatotherapeutischen Versuchen, wie die Agrypnie. Auch hier bin ich geneigt unsere Unsicherheit in der Prognose unserer noch mangelhaften Kenntnis der vegetativ nervösen Funktionen zuzuschreiben, wenn auch vielleicht in einzelnen Fällen psychische Determinanten mit im Spiele sein mögen.

Es gibt Mittel, ungelenke Anpassungsfähigkeit an Klimawechsel zu üben, besonders da, wo vasomotorische Schwäche im Spiele ist, dürfte Klimatotherapie zu Hause eine gute Vorbereitung sein für einen Ortswechsel, bei dem intensive Einwirkung von Klimafaktoren in Aussicht steht. Luftbäder und Sonnenbäder variieren das Privatklima auch, solange der Patient noch zu Hause ist. Hier kann die Wirkung solcher Maßnahmen vom Arzt noch kontrolliert werden, der den Patienten schon seit längerer Zeit kennt.

Tabelle

Nervenkrankheiten		Aufgaben der Therapie	
1. *Irreversible Vorgänge*			
Mißbildungen			
Abiotrophien	Friedreich'sche Krankheit, Amyotrophien, Bulbärparalyse, familiäre Opticusatrophie etc.	Hintanhaltung der irreversiblen Vorgänge	Verbesserung der Funktion intakt geblieb. nervösen Gewebes
Zerstörung von Neuronen	durch Zirkulationsstörung	Hintanhaltung der irreversiblen Vorgänge	Verbesserung der Funktion intakt geblieb. nervösen Gewebes
	durch mechan. Gewalt, durch Tumoren, durch Gliawucherung	Chirurgie	Verbesserung der Funktion intakt geblieb. nervösen Gewebes

Nervenkrankheiten	Aufgaben der Therapie
2. *Reversible Vorgänge*	
Entzündungen	Begünstigung von Antitoxinbildung
Toxikosen	„ der Entgiftung
Zerstörung von regenerationsfähigen Neuriten	„ der Regeneration
Störungen der optimalen Erregbarkeit	„ der Wiederlangung der optimalen Erregbarkeit
a) Vorwiegend vegetativ nervös bedingt	a) durch Tonisierung
b) Vorwiegend psychisch bedingt	b) durch Psychotherapie

Sodann sind die sogenannten Uebergangsstationen bei starker Höhendifferenz zwischen Wohn- und Kurort zweckmäßige Vorsichtsmaßnahmen.

Auch ein anderes Mittel steht in einzelnen Ländern zur Verfügung. Das sind die Bergbahnen. Ich habe vor Jahren schon die allmähliche Angewöhnung in beträchtliche Höhen bei empfindlichen Patienten in der Weise durchführen lassen, daß sie bei der Fußstation einer Bergbahn Wohnung nahmen und etwa durch täglich wiederholte, jedes Mal höher führende Bergfahrten mit immer längerem Bergaufenthalt sich innerhalb einer Woche für einen spätern Daueraufenthalt in der Höhe trainierten.

* * *

Die *Indikationen* der klimatischen Behandlung bei Nervenkrankheiten müssen sich naturgemäß aus den generellen Aufgaben der neurologischen Therapie ableiten. Die nebenstehende Zusatztabelle zu der oben zitierten Uebersicht der irreversiblen und reversiblen Vorgänge bei Nervenkrankheiten orientiert darüber.

Es liegt auf der Hand, daß, wo die Chirurgie mit ihren handgreiflichen Maßnahmen am Platze ist, die feinen Beeinflussungen des Klimas ohne Bedeutung sind.

Dagegen können sie in Frage kommen, wo es sich darum handelt, die Progredienz von irreversiblen Vorgängen hintan zu halten. Wenn eine Amyotrophie, eine Bulbarparalyse, eine Hirnarteriosklerose fortschreitet, so ist zweifellos dieser Vorgang mehrfach determiniert; die Wurzeln der Krankheit, welche letzten Endes im Nervensystem sich auswirkt, können in den verschiedensten Organen, u. a. wohl auch in den endokrinen Drüsen, zu suchen sein. Die Funktion solcher Organe aber kann sehr wohl durch die günstige Beeinflussung eines geeigneten Klimawechsels gehoben werden. Indirekt wirkt dann eine solche Maßnahme auch im Sinne der Funktionsverbesserung des gesund gebliebenen nervösen Gewebes. Sie unterstützt die mannigfachen andern physikalisch-therapeutischen Möglichkeiten wirksamer Therapie bei den verschiedensten organischen Nervenkrankheiten: die Uebungstherapie, die Elektrotherapie, die Massagen etc. Man muß von solchen Maßnahmen nur nicht mehr verlangen, als sie geben können. Unter Umständen läßt sich durch sie immerhin recht vieles verbessern. Wir dürfen nur als Therapeuten uns nicht von der pathologisch-anatomischen Vorstellung des Defektes faszinieren lassen, sondern sollen auf die Vis medicatrix naturae bauen, welche im noch unzerstörten Gewebe den Kampf um die Erhaltung der Funktion weiterführt. Sie intelligent zu unterstützen, ist unsere Aufgabe und hierfür kann unter Umständen auch die Klimatotherapie dienlich sein.

Kann die Antitoxinwirkung bei Entzündungen durch Klimatotherapie, etwa durch Sonnenbäder, gefördert werden? Kann die Giftausscheidung bei Toxikosen unter besonders günstigen Klimaverhalt-

nissen Beschleunigung erfahren? Können die Regenerationsvorgänge bei peripherer Neuritis oder traumatischer Nervendurchtrennung in besonderen Klimaten besser vor sich gehen? Ich weiß es nicht. Die Tatsache, daß darüber nichts oder wenig in den Büchern steht, beweist nicht, daß diese Frage Unmöglichkeiten betreffen. Sprechen denn die Dermatologen nicht von der esophylaktischen Eigenart der Haut, jenes Organs, auf das die Klimafaktoren in erster Linie umstimmend wirken? Ist es nicht wahrscheinlich, daß durch die Umstimmung des Stoffwechsels, der zum Beispiel im Hochgebirge doch schon experimentell erfaßt worden ist, Entgiftungsvorgänge begünstigt werden? Und was die wunderbare Arbeit der *Schwann*schen Zellen und das Auswachsen der Achsenzylinder bei der Regeneration peripherer Nerven betrifft, laden die äußerst feinen Ergebnisse der histologischen Forschungen *Ramon y Cajals*, *Perroncitos*, *Dogiels* und vieler anderer nicht geradezu zu klimatherapeutischen Tierexperimenten in dieser Richtung ein?

Zahlenmäßig die größte Aufgabe therapeutischen Handelns findet die Neurologie in den reversiblen Vorgängen, bei denen es sich darum handelt, den Tonus des Nervensystemes wieder optimal zu gestalten. Eben ist dargetan worden, daß dies eine Indikation bei organischen Nervenkrankheiten ist, soweit das intakt gebliebene Gewebe in Betracht fällt.

Aber die Hauptmasse der Kranken, bei denen die Erregbarkeit des Nervensystems gelitten hat, sind die sogenannten funktionellen Neurosen.

Von zwei Polen aus kann der defekte Erregbarkeitszustand beeinflußt werden. Von der Psyche her und von der somatischen Seite her.

Auch die Klimatotherapie hat eine ausgesprochene psychotherapeutische Komponente. Wir brauchen nicht in den alten Fehler zu verfallen und alles, was an einem Ort den Patienten beeinflußt, a conto des Klimas zu buchen. Aber es ist klar, daß, was das Klima via Sinnesorgane bis ins bewußte Seelenleben trägt, mächtig umstimmende Wirkung haben kann. Auch ist das Wohlbefinden, das sich aus unbewußten Klimawirkungen entfalten kann, zunächst eine rein psychologische Angelegenheit. Es hat aber umgekehrt wieder seine weitest gehende Wirkung auf die körperlichen Funktionen. Kurz gesagt: Wie immer das Klima die Psyche beeinflussen mag, durch direkte oder durch Nebenschlußwirkung, stets ist bei der Beurteilung des Klimawechesls diese Komponente in ihrer individuellen ungemein variablen Größenordnung zu würdigen. Andererseits können ja selbstverständlich idealste klimatische Verhältnisse nicht genügen, um depravierende psychische zu eliminieren. Oder sollte Herr Thomas Manns Zauberberg in Wirklichkeit nicht existieren?

Die somatische Beeinflussung der Erregbarkeit des gesamten Nervensystems durch das Klima geht wohl in erster Linie über die humoralen und hormonalen Wege in das vegetative Nervensystem

und erst in letzter Linie in die Cerebrospinalachse. Mit dem alten Schema: Uebung für die torpiden, Schonung für die erethischen Formen der Funktionsneurosen stoßen wir immer wieder an den Tatsachen der empirischen Beobachtung an. Wie wäre es zum Beispiel zu erklären, daß einzelne Basedow-Fälle im Hochgebirge sich ausgezeichnet erholen, andere ceteris paribus im Gegenteil in verschlechtertem Zustande das Tiefland wieder aufsuchen müssen? Warum tritt bei derselben „Neurasthenie“-Form bei dem einzelnen Patienten im gleichen Ort und unter den gleichen Umständen eine völlige Umstimmung des Appetites, Stuhlganges, Schlafes usw. ein, die bei einem andern Falle fehlt?

Wir können meines Erachtens bei allen diesen klimato-therapeutischen Versuchen, geschehen sie im Gebirge, im Tiefland, an der See, in der Wüste, im Norden oder im Süden, uns an kein Schema anklammern, sondern dürfen nur das eine als feststehend betrachten: im Anfang wirkt jeder Klimawechsel erregend, später in günstigem Falle tonisierend, im ungünstigen Fall die Erregbarkeit des Nervensystems verschlechternd.

Die wissenschaftlich orientierte Klimatotherapie der Neurosen müßte in erster Linie auf die individuelle Reaktionsart des Kranken Rücksicht nehmen und für diese möglichst charakteristische Kennzeichen herausarbeiten. Oft wissen die Patienten selbst aus Erfahrung, daß ihnen das Meer besser frommt, als das Gebirge oder umgekehrt. Warum dies aber so ist, das hat beim Einzelnen die Wissenschaft erst noch herauszufinden. Die Leistung der Akklimatisation, mag sie spielend oder schwierig vor sich gehen, ist höchstens ein Test auf die momentane Ausgleichsfähigkeit. Was wir aber wollen mit der Klimabeeinflussung Nervöser ist die endgültige Hebung des nervösen Tonus und dafür haben wir vorderhand keine andern Kennzeichen als das recht globale Charakteristikum des subjektiven Wohlbefindens und das besser differenzierte des Verschwindens einzelner Symptome. Wie vielerorts in der Medizin, ist auch hier das Wesen und der Vorgang der Heilung noch jenseits der Erfaßbarkeit im Einzelnen.

* * *

Wenn ein Gebiet unseres ärztlichen Berufes noch brach liegt, so darf man Wünsche äußern, deren Erfüllung die Fruchtbarkeit des Brachlandes verbessern würde. Ein solches Gebiet ist die Klimato-Therapie der Nervenkrankheiten zur Zeit noch. Welche Wünsche hätte die Neurologie in dieser Richtung zu äußern?

Von den Klimatophysikern möchten wir synoptische graphische Darstellungen über die gleichzeitigen Abläufe der einzelnen Klimafaktoren von *Stunde zu Stunde*, Darstellungen, die auf einem Pauspapier unseren klinischen Synopsien superponiert werden können. Eine solche Einspannung der klimato-physikalischen Ergebnisse in das gleiche Koordinatensystem, auf dem die Abläufe der nervösen

Symptome aufgezeichnet werden konnen, wurde zunachst das post hoc, vielleicht auch einmal das propter hoc von Klimareizen und Aeußerungen des Organismus ermoglichen

Sodann ist unsere Neugier besonders auf die Luft Elektrizitats verhaltnisse gespannt, nicht weil wir sicher sind daß der lebende Organismus auf diese Klimaelemente besonders reagiert, sondern weil wir es vorerst vage vermuten

Den Physiologen waren wir besonders dankbar fur klinisch verwertbare Tests uber die Reaktion des vegetativen Nervensystems und wenn sie uns untrugliche Anzeichen fur den jeweiligen Erregbarkeits zustand der Nervenelemente zeigen konnten, wurden wir sie preisen

---

Beitrag zur Zustandsdiagnose der Lungentuberkulose mit Berücksichtigung klimatischer Einflüsse

Von *G. von Bergmann*, Frankfurt a. M.

Als Professor *Loewy* und Kollege *Vogel-Eysern* mich aufforderten, ein Referat über die Beziehungen der Lungentuberkulose zum Höhenklima zu halten, habe ich das abgelehnt. Ein so umfassendes Problem und eine so problematische Umfassung, wie sie in den beiden Riesenkomplexen Lungentuberkulose und Höhenklima enthalten sind, wollte ich nicht zu entwickeln versuchen, ja der Versuch, dieses Thema zu entwickeln, scheint uns wohl allen noch verfrüht, die wir, wie diese Verhandlungen es zeigen, uns mühen, auch nur in den Teilfragen da und dort festen Boden unter die Füße zu bekommen.

Damit soll nicht gesagt sein, daß wir die Einzelheit, das Analytische, über die Erfassung des Ganzen, über das Synthetische stellen, aber daß der Einzelne zufrieden sein darf, wenn er glaubt, von wenigen Schritten berichten zu dürfen, die wohl nach vorwärts getan wurden. Verfügt er, wie ich in meiner Klinik, über eine ganze Anzahl von tüchtigen und selbständigen Mitarbeitern, so ist er leichter in der Lage, gestützt auf die Ergebnisse dieser Mitarbeiter, die von ganz verschiedenen Seiten verwandte Probleme in Angriff nahmen, heute zu berichten und Ihnen einen Beitrag zur *Zustandsdiagnose der Lungentuberkulosen* zu bieten auf Grund verschiedener Methodik, die meiner Ansicht nach gerade in Davos zur Anwendung kommen könnte, und deren Vergleich mit den Ergebnissen jener Reaktionen im Tieflande wohl objektive Anhaltspunkte geben könnte für die geänderte Reaktion des Kranken im Höhenklima. Gerade hierzu anzuregen und einen Weg zu finden, wie dieselben Kranken im Tieflande und im Hochgebirge vergleichend untersucht werden könnten, ist der praktische Zweck, den ich ganz konkret hier verfolgen möchte. Aus diesem speziellen Grunde, vor allem also um zu gewissen Untersuchungen hier in Davos anzuregen, möchte ich von jenen Ergebnissen aus meiner Frankfurter Universitätsklinik berichten.

Niemals wird die Untersuchung des Lungentuberkulosen der morphologisch klinischen Betrachtungsweise entraten können, aber Freude an deren Erkenntnis hat die moderne Klinik erst wieder gewonnen, als der Glaube sich durchsetzte, daß über der Form die Funktion steht, daß auch das morphologische Substrat der tuberkulosen Lunge Ausdruck ist einer Gewebsreaktion, daß lokale Funktionen im Gewebe das Entscheidende sind für das, was sich in der Lunge vollzieht. Der alte Streit um ein dualistisches Geschehen bei der Lungenphthise, in dem zwar die Genialität eines *Laennec* die Einheit sah, die sogar von *Villemin* experimentell erwiesen wurde, ging trotzdem in den Zeiten von *Niemeyer*, *Waldenburg*, *Skoda* weiter, ja fand in *Virchow* den klassischen Repräsentanten. Die Knötchensucht und käsigen Prozesse wurden scharf geschieden, für den Phthisiker, d. h. den Kranken mit der exsudativen Tuberkulose, schien es die größte Gefahr, daß er tuberkulös würde, daß die eine Krankheit der spezifischen käsigen oder gelatinösen Lungenentzündung sich kompliziere durch Resorption und Aussaat käsigen Materials und zur unspezifischen Knötchensucht „der Resorptionskrankheit“ Tuberkulose führe, so lehrte es *Niemeyer*. Und heute wieder ist es die Scheidung in produktive und exsudative Tuberkulose, die im Vordergrunde des Interesses steht, die *Aschoff* und *Nikol* morphologisch, *Graff* und *Küpferle* röntgenologisch stützen und die im Zusammenhang mit der Stadieneinteilung der Tuberkulose (*Ghon*, *Eugen Albrecht*, *Ranke*, um nur wenige zu nennen) uns erscheinen soll als die sog. tertiäre Phthise in ihren beiden Formen der produktiven und exsudativen Phthise als spezifische Manifestation von zwei ganz verschiedenartig verlaufenden Gewebsreaktionen. Diese hier nur ganz grob skizzierten Auffassungen der Neuzeit sind so allbekannt in unserem Kreise, daß ich es wagen kann, sie wie eine historische Phase grob schematisch anzudeuten, während in Wirklichkeit die Dinge weit komplizierter liegen. Nur zwei Publikationen der letzten Zeit möchte ich erwähnen, weil es scheinen möchte, daß bereits alles Errungene wieder in Frage gestellt ist. Von pathologischer Seite hat *Tendeloo* gewichtige Einwände erhoben, von klinischer Seite aus dem Heidehaus bei Hannover uns *Ziegler* gesagt, daß weder anatomisch noch röntgenologisch und endlich auch sonst nicht klinisch mit dieser Einteilung und ihren Grundlagen etwas anzufangen sei. Mir scheint die Kritik *Ziegler*'s doch viel zu weit zu gehen. Wer den Arbeiten *Graff* und *Küpferle*'s folgend gewohnt ist, die Röntgenanalyse des Einzelfalles mit dem Obduktionsergebnis zu vergleichen und kritisch vom Prosektor vergleichen zu lassen, der wird, ich kann es aus den Erfahrungen meiner Klinik nur bestätigen und befinde mich in Uebereinstimmung etwa mit *Friedrich Kraus* und *Ernst v. Romberg*, doch aussagen müssen, daß in der Mehrzahl der Fälle eine ausgezeichnete Uebereinstimmung zwischen dem klinischen und namentlich dem röntgenologischen Befunde einerseits und dem pathologisch anatomischen Befunde andererseits besteht, freilich eine Röntgentechnik vorausgesetzt,

die auf ganz weichen Bildern auch das letzte Mogliche jedesmal herauszuholen sich bemuht Wenn aber beide Kritiker mit Nachdruck betonen, daß Produktives und Exsudatives in so vielen Fallen sich kombiniert so ist dies auch von Voruntersuchern kaum vergessen worden Mit welchem Nachdruck weist besonders *Romberg* darauf hin, der zu den beiden Kategorien als dritte quasi gleichwertige, noch die cirrhotischen Prozesse zahlt Ich will hier als auf Einzelheiten auf die Unterabteilungen wie etwa des acinosen, nodosen, des lobular exsudativen und lobar exsudativen nicht eingehen Besonders beachtenswert erscheint mir, wenn *Tendeloo* mahnt, histologische Begriffsbildungen von den anatomischen also den makroskopischen scharfer zu scheiden und uber den qualitativen nicht die quantitativen Unterschiede nun zu vergessen So wichtig und verdienstvoll es mir scheint, daß mein Lehrer *Kraus* die rein quantitative Einstellung des *Turban Gerhardt* schen Einteilungsprinzipes unzweideutig abgelehnt hat, auch das Qualitative wirkt irreleitend (im Grunde ist es eine Selbstverstandlichkeit) wenn Ausdehnung und Grad der Ausdehnung keine Berucksichtigung fanden Histologisch, darin hat *Tendeloo* sicher recht, hat wohl jede produktive Granulationswucherung eine exsudative Zone, und auch makroskopisch ist die Verflechtung im Einzelfalle eine so innige die Kombination der Moglichkeiten, wenn man die kasige Pneumonie von den ubrigen exsudativen Prozessen abtrennt und noch andere notige Unterscheidungen trifft, so mannigfach, daß an der Lunge schon allein die exsudativ kasigen, die kasigen und einschmelzenden Prozesse oft als verwirrendes Nebeneinander der exsudativen Kategorie bestehen *Tendeloo* sagt ferner geradezu, daß z Zt eine sichere Erkennung der morphologischen Form der Lungentuberkulose noch nicht einmal zur Beurteilung des Zustandes des Kranken und des mutmaßlichen Verlaufes irgendwie ausreichen wurde Es konne z Zt von einer auch nur einigermaßen gesetzmaßigen Gruppierung und Vorhersage der verschiedenen Falle von Lungentuberkulose auf Grund der klinischen Befunde noch nicht die Rede sein

„Jeder Fall bleibt somit vorderhand ein besonderer Fall“ Und selbst die Meinung, daß exsudative und produktive Prozesse vielleicht in schnellem Phasenwechsel einander folgen und nicht gleichzeitig nebeneinander entstehen konnen, ist Hypothese und bedarf erst noch der Beweise So verfuhrerisch also es uns auch angesichts der großen Errungenschaften der Neuzeit, die wir skizzierten, erscheinen mag, im Morphologischen die Reaktion des Gewebes zu sehen, es kann sein daß an eng benachbarten Stellen der Lunge auch gleichzeitig das Gewebe verschiedenartig reagiert, und wir *auf den allgemeinen Zustand des Kranken* zur Beurteilung mehr angewiesen sind, als auf den in manchem Einzelfall nicht entwirrbaren morphologischen Zustandsausdruck Jener *Zustand des Kranken* ist ja uberhaupt das, was im Vordergrunde unseres Interesses steht Konnen wir Zustandsbilder ineinanderreihen, haben wir die Entwicklung des Krankheitsverlaufes

Fast mehr wie bei anderen Krankheiten werden wir bei der Lungen tuberkulose fur die Prognose, die *Kraus* mit Recht als das Wichtigste bezeichnet, auf den Allgemeinzustand verwiesen *Lokale Gewebs zustande und Allgemeinzustand* das sind die beiden Fragen, die auf zuwerfen sind, nicht wie getrennte Gebiete eng integriert ineinander Erkennt doch der Kliniker, daß der Gesamtverlauf nicht zu verstehen ist, geschweige denn prognostisch erfaßt werden kann wenn wir auch beim sog tertiaren Stadium der Lungentuberkulose nur die Gewebs reaktion in der Lunge studieren Selbst die ernsteste Komplikation die phthisische kavernose Einschmelzung ist heilbar wie *Turban* ji wiederholt betont hat Ich konnte Ihnen Bilder von geheilten Ka vernen uber die mein Oberarzt *Berg* berichtet hat, demonstrieren

Immer wieder richtet sich die klinische Beurteilung auf den Gesamtzustand Ich darf vor diesem Kreise kaum sagen, wie Tem peraturverlauf und Gewichtskurve, um nur die wichtigsten Allgemein reaktionen zu nennen, uns oft wichtiger sind, uns mehr besagen wie die feinste Analyse des lokalen Lungenprozesses Die Bemuhungen hier Vertiefung zu schaffen etwa auf Grund des Studiums *spe zifischer Antikorper* sind zahlreich und intensiv Die sparliche Ausbeute steht dazu in krassem Mißverhaltnis Die Scheidung in aktive und inaktive Tuberkulose, wie *Besredka* und *von Wassermann* es noch zuletzt versuchte, hat in Nachprufungen gerade in Frankfurt sich nicht aufrechterhalten lassen Am bedeutendsten ist wohl noch *Hayek*s Versuch, an der Kutanreaktion die Ueberempfindlichkeit allergischer Hautreaktionen der negativen und positiven Hautanergie gegenuberzustellen Aber auch hier lassen uns die Resultate dem Einzelfalle gegenuber oft geradezu in der entscheidenden Frage geht es dem Kranken besonders gut oder gerade sehr schlecht im Stich Die Deutung all jener spezifischen Allgemeinreaktionen ist erschwert durch widerstreitende Hypothesen Das soll den Wert von manchen Tuberkulinproben nicht herabsetzen Aber immer wieder weist es uns auf die *unspezifischen Reaktionen* als Ausdruck der gesamten Korperverfassung des Individuums hin

So bedeuten die Resultate, die aus dem Blutbild der Leukocyten zu gewinnen sind, einen wesentlichen Zuwachs in der Beurteilungs moglichkeit Ich erwahne obwohl auch andere Untersuchungen vor liegen, nur die verdienstvollen Untersuchungen *Romberg*'s und seiner Schule, die durch die Beachtung der Leukocytenzahlen, der prozen tischen Verschiebung von Neutrophilen und Lymphocyten der Ver schiebung der polymorphkernigen Zellen nach links im Sinne von *Arnet Schillings* und des Auftretens von Eosinophilen uns 5 Gruppen an die Hand gegeben haben, die fraglos eine bessere Einsicht uber das Verhalten des Phthisikers geben nach einem Zustand und auch nach der Verlaufsart seines Leidens

Mein Mitarbeiter Dr *Cahn Bronner* hat sich in sehr ausge dehnten Versuchen in den letzten zwei Jahren mit den *Labilitats reaktionen des Serums* beschaftigt und hat verschiedene sogenannte

Flockungsreaktionen des Plasmas herangezogen. Er hat sich dann für die Plasmaflockungsreaktion nach *Gerloczy* entschieden, bei der gegen isotonische Lösungen von Salzen der *Hofmeister*'schen Reihe die Ausflockbarkeit des Plasmas geprüft wird. Das Resultat, in einer halben Stunde ablesbar, ist in seinen physiko-chemischen Bedingungen nicht geklärt, wohl aber gab die Anwendung bei einer großen Reihe von Krankheiten uns den Mut, es in besonders großer Ausdehnung bei den Phthisen zu erproben. Nur ausgesprochene Lungentuberkulosen wurden untersucht, also nicht ein diagnostischer Zweck mit der Untersuchung verbunden. Wir gewinnen, das zeigen die Resultate, ein *Maß der Krankheitsintensität*.

Seiner Darstellung liegen im ganzen über 100 Fälle von Lungentuberkulose zugrunde, davon sind 60 über mehrere Monate bis zu zwei Jahren verfolgt, die andern stets wenigstens mehrere Wochen beobachtet und so gründlich wie möglich klinisch durchuntersucht. Gerade bei der Tuberkulose sind starke Unterschiede im Verhalten der Bluteiweißkörper bekannt, und das ist wohl einer der Hauptgründe, daß die unspezifischen Blutveränderungen schon häufig bei jener Krankheit zum Studium gemacht wurden. Auch die Schwankungen der spezifischen Viskosität des Serums, die mein Assistent *Spiro* studiert hat, weisen auf Beziehungen zum klinischen Bilde hin. Aber in so breitem Ausmaß wie die Plasmaflockungsreaktion dürfte eine unspezifische Reaktion mit Ausnahme der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit noch kaum studiert sein. Es ist sicher, daß die verschiedenen Methoden solcher Flockungsreaktionen nicht stets das gleiche Resultat ergeben. Wir haben uns durch Vergleiche davon überzeugt, aber der Wert liegt hier nicht im Ausspielen der einen Methode gegen die andere, sondern darin, daß unter Verwendung stets der gleichen Methodik wir ihre Resultate mit klinischen Ergebnissen in Beziehung setzen können und so das unbekannte Verfahren zunächst mit dem besser bekannten allgemein klinischen vergleichend auswerten. Bei Exsudaten in Körperhöhlen, also vor allem bei der Pleuritis, findet sich stets ausgesprochene Flockung, die nach Resorption des Exsudates verschwindet. Berücksichtigen wir dieses Verhalten, das für unsere Fragestellung als Fehlerquelle ausdrücklich ausgeschaltet werden muß, so läßt sich auf Grund einer ganz großen Reihe von Feststellungen aussagen, daß die klinisch günstig verlaufenden Fälle mit Körpergewichtszunahme, mit Fehlen der Temperaturerhöhung, mit Neigung zu Schrumpfung und fibrösen Prozessen in ihrer großen Mehrheit keine oder ganz schwache Flockungsreaktion ergeben, daß umgekehrt die schweren Formen mit allgemeinem Descensus, unaufhaltsamem Körpergewichtsverlust, hektischen Temperaturen, oder auch einer hohen Kontinua, die Fälle mit Einschmelzungsprozessen und die schweren exsudativen Formen, die käsigen Pneumonien höchste Flockungswerte zeigen. Die leicht durchzuführende und ganz schnell ein Resultat ergebende Methodik gestattete, daß die über 100 Patienten sehr oft, ja jeden zweiten Tag,

selbst auch täglich untersucht wurden, sodaß eine Kette von Urteilen über den Zustand zu gewinnen war, und wir so ein Maß der Krankheitsintensität gewannen. Erst auf dieser Basis interessieren nun die Schwankungen der Resultate, die gelegentlich innerhalb weniger Tage vorkommen, interessieren die Befunde, die zunächst unerwartet waren und sich nicht in die Regel einordnen ließen, die durch die ungeheure Zahl der regulären Feststellung uns gesichert scheint. Gerade für diese Ausnahmen hat sich der Wert der Methode zu erweisen. Ich kann aus der großen noch nicht erschienenen Arbeit von Dr. *Cahn-Bronner* nur einige charakteristische Beispiele des besonderen Verhaltens im Flockungsresultat herausgreifen. Ein fieberloser Verlauf, guter Allgemeinzustand, die Plasmaflockungsreaktion trotzdem stark positiv, im linken Oberlappen Kavernen, erst einige Zeit später weicht die anfängliche Körpergewichtszunahme einem rapiden Gewichtssturz. — Oder eine lobulär pneumonische Phthise, die auch in fieberfreien Zeiten starke Flockungsreaktion behält, übereinstimmend mit ständigem Körpergewichtsverlust und ungünstigem Verlauf. — Ein jugendlicher Patient trotz Kavernen im Oberlappen reichliche Neigung zu fibröser Entwicklung, das Gewicht steigt an, die Flockung ist maximal. Wir waren geneigt, die Prognose trotz der Kavernen relativ günstig zu stellen, wegen des guten Allgemeinzustandes und der völligen Fieberlosigkeit, aber die Flockung blieb hoch, er verstarb dreiviertel Jahre später in einer Heilstätte.

Wir glauben auf Grund einer Reihe ähnlicher Verlaufsformen aussagen zu dürfen, daß der *mehrmals hintereinander* erhobene Befund stark erhöhter Plasmalabilität eine ungünstige Prognose stellen läßt. Bei einer produktiv fibrösen Phthise ohne Fieber mit Gewichtszunahme, Verschwinden des bazillenhaltigen Auswurfes und schwach positiver Flockungsreaktion nimmt im weiteren Verlauf ohne Aenderung des Allgemeinzustandes die Flockungsreaktion zu. Erst 18 Tage später erfolgt eine ganz schwere Haemoptoe, zwei Wochen darauf geht auch die erhöhte Flockung wieder völlig zurück. Der weitere Krankheitsverlauf bleibt durch 4 Monate günstig. War nicht jene vorübergehende Zunahme der Flockung das einzig erkennbare Symptom für ein lokales Fortschreiten des Prozesses? Das Beispiel illustriert, wie die Einzelreaktion immer nur eine Aussage zuläßt *über den gegenwärtigen Zustand*. Stützen wir uns auf Fieberverlauf und auf Gewichtskurve, so ist auch bei der Flockung nur ein Urteil zu gewinnen durch Verfolgung, ich möchte fast sagen Feststellung der Flockungskurve. Aber gerade, daß sie sich nicht deckt mit jenen beiden andern Kurven, jenen üblichsten Kriterien des Allgemeinzustandes, kann im Einzelfalle ihren Wert ausmachen. Eine anfangs hochfiebernde, vorwiegend produktiv nodöse Tuberkulose des rechten Oberfeldes von geringer Ausdehnung zeigt zunächst eine mittelstarke Flockung, die nach einiger Zeit unter entscheidendem Anstieg der Körpergewichtskurve günstig verläuft. Die Flockungsreaktion zeigt oft genug ausgesprochene Labilität, das mahnt zu besonderer prog-

nostischer Vorsicht, auch will ich ihre prognostische Bedeutung nicht überschätzt wissen und die einmalige Untersuchung auch die von wenigen Malen gestattet nie ein prognostisches Urteil, genau so wenig wie eine noch so genaue Analyse eines momentanen Zustandes es bei der Lungentuberkulose überhaupt zuläßt. Aber die Fälle mit kurzfristigen sprunghaften Schwankungen nahmen durchweg keinen günstigen Verlauf. Bei einer jungen Patientin verursachte ein kleiner Lungenprozeß mit scharf umschriebenen Herdschatten im rechten Oberfeld lange Zeit Fieber, Appetitlosigkeit und schlechten Ernährungszustand, wohl ein sogenannter Fall von Ueberempfindlichkeit. Die Plasmalabilität war nicht erhöht und brachte schon zeitig den günstigen Verlauf, der sich weiter bestätigte, zum Ausdruck. Dr. *Cahn Bronner* hat die Kriterien des *Romberg*'schen Blutbildes mit der Plasmareaktion verglichen. Im Prinzip erhielt er übereinstimmende Resultate. Aber es finden sich auch Fälle, bei denen die Blutbildveränderung nach *Romberg* einen schwereren Zustand erwarten ließ, während Ausflockbarkeit, übrigens auch die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit, ein günstiges Resultat andeuteten, das der Verlauf bestätigte. Umgekehrt zeigte sich bei anscheinend leichten Fällen eine Lymphocytose ohne vermehrte Flockung und wies uns auf die Aktivität einer Tuberkulose hin, die durch eine negative Plasmaflockungsreaktion nie auszuschließen ist. Gerade für die Frage nach der Aktivität eines Lungenprozesses kann also die Untersuchung des weißen Blutbildes besonders wichtig werden, weil sich hier bereits Abweichungen von der Norm zeigen, die mit der Flockungsreaktion noch nicht zum Ausdruck zu bringen sind. Wir fanden immer wieder, daß unter bestimmter ärztlicher Fragestellung einmal die eine, einmal die andere Methode brauchbarer ist. An der Hand zahlreicher Feststellungen darf ich aussagen, daß ausgesprochen exsudative Fälle in der Regel starke Flockungsreaktion zeigen. Sie läßt auch nicht etwa, wie anergische Reaktionen, bei schwersten kachektischen Zuständen nach, währenddem wir dieses bei der Karzinomkachexie für die Flockung oft festgestellt haben. Die Fälle mit positiver Diazoreaktion und der *Weiß*'schen Urochromogenreaktion flockten ausnahmslos stark. Sehr viel wechselnder ist die Kolloidlabilität bei den vorwiegend produktiven Formen der Tuberkulose. Auch hier aber bestätigte sich für die große Mehrzahl der Fälle, daß die produktiv kavernösen Fälle stark flockten und die wenig flockenden auch jene im klinischen Verlauf sich als günstig erweisenden Formen waren. Nur von einer auffallenden Ausnahme konnte ich berichten! Die *Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit*, heute noch weit populärer, zeigte oft gute Uebereinstimmung mit den Flockungsresultaten, aber doch sind die Differenzen im Ausfall weit größer, als wir erwarteten. Wir haben sie viel miteinander verglichen und verfügen über 250 vergleichende Untersuchungen. Im allgemeinen ist bei starker Flockung die Senkung rasch, bei schwacher oder fehlender Flockung langsam, aber nicht kann man eine bestimmte Stärke der Flockung einer Senkungszeit zu

ordnen Bei fehlender Flockung kann jede Senkungszeit zur Beobachtung kommen, aber umgekehrt kommen bei starker Flockung lange Senkungszeiten nicht vor

Wir mussen um weiter zu kommen nach moglichst vielen von einander unabhangigen Allgemeinreaktionen des Korpers suchen das kann nur die Zuverlassigkeit des Bildes von der Eigenart des Einzelfalles vermehren Nur ein Beispiel fur viele eine ausgedehnt acinos produktive Phthise beider Lungen, die wenig fieberte, ergab vollig normale Senkungsgeschwindigkeit aber deutliche mittelstarke Flokkung, die weit besser zum Verlauf paßte So glauben wir sagen zu konnen, die Resultante aller Faktoren, die den Verlauf der Lungentuberkulose bedingen, wie etwa Starke der Infektion, Maß der Giftbildung, Art der Reaktion des Lungengewebes, Grad der Allgemeinstorungen kommt mit Einschluß aller seiner individueller Besonderheiten in der empirischen Flockungsreaktion zum Ausdruck Die Altersphthise mit dem Auftreten fibroser Prozesse, aber der bekannten gleichzeitigen Neigung zur Verkasung, zeigte auch bei afebrilem Verlauf meist starke Flockung entsprechend einem ungunstigen, wenn auch chronischen Verlauf *Hayek*s Satz „starke Allergie bedeutet starken Kampf" scheint auch nach der Flockung so zu interpretieren moglich, daß je starker der Kampf tobt, doch die Krankheitsintensitat desto geringer ist Der Prozeß mag sehr aktiv sein, die Abwehr ist ihm z Zt gewachsen, denn der Zustand des Kranken ist gunstig, deshalb die Intensitat der Krankheit gering Zeigt der Kranke normale Kolloidlabilitat, relativ langsame B S G, Lymphocytose oder Eosinophilie des Blutes und gleichzeitig starke Hautallergie ist die Prognose gut, selbst wenn das Rontgenbild recht ausgedehnte Veranderungen nachweisen ließe Und umgekehrt erlebten wir zunehmende Flockung, abnehmende Hautallergie, Auftreten von Leukocytose bevor wir klinisch und auch im Rontgenbilde eine Veranderung zum Ungunstigen nachweisen konnten Macht man die *Pirquet*'sche Reaktion mit verschiedenen Tuberkulinverdunnungen, so laßt sie sich im Vergleich zur Flockung studieren Wir finden gelegentlich starkste Schwankungen der Hautallergie parallelgehend mit sprunghaften Schwankungen der Flockungsreaktion, Schwankungen, bei denen Veranderungen am Herde der tuberkulosen Erkrankungen kaum zweifelhaft scheinen So meinen wir, daß die Methode der Flockung nicht nur, wie in der Mehrzahl der Falle, schneller eine richtige Auffassung des Krankheitsfalles vermittelt, den man auch durch langere Beobachtung wohl sonst gewinnt sondern daß hier Einblicke in ein wechselndes Geschehen uns moglich werden die im Studium des lokalen Prozesses uns verschlossen bleiben Wir sehen einen heftigeren Kampf im Korper als er sich sonst dokumentieren wurde Die Krankheitsintensitat wechselt außerordentlich stark Solche kurzfristigen Schwankungen sind selten, prognostisch kaum jemals gunstig, selbst wenn die lokalen Krankheitserscheinungen gering sind

Es ist unmöglich, die Schlüsse, die aus einer ganz großen Zahl von Beobachtungen und Verlaufsarten gezogen sind, im Rahmen dieses Vortrages so darzustellen, daß sie Ihnen unmittelbar bewiesen erscheinen. Das Herausgreifen der ganz wenigen Einzelfälle mag schon ermüdend sein, keineswegs soll die Methode der Flockung hingestellt werden als überlegen gegenüber dem *Romberg*'schen Blutbild oder der Senkungsgeschwindigkeit, oder irgend einer anderen Allgemeinreaktion, eher noch im Vergleich zu den spezifischen Reaktionen speziell der Antikörperbestimmung im Blute. Aber auch für die Ueberempfindlichkeitsreaktionen der Haut, aus denen *Hayeck* so weitgehende Schlüsse zieht, darf gesagt werden, daß die spezifische Probe für die Beurteilung der Krankheitsintensität Nachteile hat gegenüber der unspezifischen; macht doch *Kraus* mit Recht darauf aufmerksam, daß die lokale Empfindlichkeit der Haut und ihre örtlichen Eigenschaften überhaupt zu sehr für die Beurteilung der Allgemeinreaktion störend im Wege sind.

Und doch möchte ich von *einer anderen Arbeit aus meiner Klinik* referieren, die noch weniger ausgebaut ein Urteil über die Körperverfassung gestattet, das mir noch wesentlicher zu sein scheint wie die bisher besprochenen Allgemeinreaktionen im Plasma. Dr. *Kauffmann*, mein Assistent, hat sich mit dem Zellbild beschäftigt, das in einer künstlich erzeugten Entzündungsquaddel der Haut auftritt bei gleichdosierter Reizung. Läßt man ein kleines Kantharidenpflaster von stets gleichmäßiger Beschaffenheit und Größe 22 Stunden lang auf der Haut liegen, so findet sich als Folge des genau dosierten gleichen Reizes fast immer darunter eine mit entzündlichem Exsudat gefüllte Blase. Bleibt diese aus, so handelt es sich oft um einen positiv oder negativ anergischen Zustand. Er studierte die Zellen dieses künstlich erzeugten entzündlichen Exsudates und diese geben in der Tat einen Indikator für eine unspezifische Reaktion, wenn man ihre Zusammensetzung studiert. Die Zellen werden nach Zentrifugierung des Exsudates und Ausstrich auf den Objektträger nach Art des Blutbildes differenziert. Das erhaltene Resultat ist vollkommen unabhängig vom zirkulierenden Blut, wie *Kauffmann* genau kontrolliert hat. Es ist lediglich Ausdruck der entzündlichen Gewebsreaktion der Haut. Während die polymorphkernigen Leukocyten im Prinzip die gleichen sind wie im zirkulierenden Blut, bereiten die einfachkernigen Zellen in der Differenzierung Schwierigkeiten. Es sind nur zum Teil Lymphocyten des Blutes, teils sind diese lymphocytenähnlichen Zellen sicher Gefäßwandzellen, Adventitialzellen, denn sie zeigen Phagocytose, namentlich die größeren unter ihnen deutliche phagocytäre Eigenschaften z. B. gegen Staphylokokken. In der Entzündungsquaddel finden sich bei normalen Menschen diese lymphocytoiden Elemente zu 2—8% neben 92—98% der anderen Zellen, welche großenteils die gewöhnlichen polynuklearen Leukocyten sind neben ganz vereinzelten eosinophilen Zellen. *Kauffmann* hat an einer großen Reihe von Kranken das Zellbild der Entzündungsquaddel der Haut

studiert Fast jede fieberhafte Infektion zeigt eine Veranderung jener Entzundungsreaktion und zwar so, daß meist erst *nach* dem akuten Fieberzustand die lymphocytaren Elemente ansteigen, auf 20 30 und 40%, der Hohepunkt oft erst 14 Tage nach der Entfieberung erreicht ist und sehr haufig erst nach einem Monat sich wieder eine normale Entzundungsreaktion einstellt Schon diese nachhaltige Umstimmung des Organismus ist interessant genug Die Veranderlichkeit des Zellbildes und ihre Beziehung zu den einzelnen Krankheitsformen und zur Krankheits- oder Immunitatslage etwa bei einer einfachen fieberhaften Angina, bei einer Pyelitis oder akuten Pneumonie zeigt uns eine Art der Allgemeinreaktion, wie sie weder die Senkungsgeschwindigkeit, noch die Flockung, noch auch das Blutbild der Weißen ergibt, denn alle diese sind meist schon lange zur Ruhe zuruckgekehrt, wenn die abnorme entzundliche Reaktion noch andauert

Uns interessiert heute nur das Verhalten der Phthisen Es handelt sich um Beobachtungen an 103 verschiedenen Patienten mit Lungenphthisen Es wurden zunachst namentlich die Falle ausgesucht die nach den *Graff Kupferle*schen Kriterien mit moglichst großer Wahrscheinlichkeit in eine der beiden Kategorien der produktiven und exsudativen Lungentuberkulose einzureihen waren Unter 56 Patienten mit produktiver Phthise und aktiven Erscheinungen finden sich bei der ersten Untersuchung in je 18 Fallen Lymphocytenwerte von 5—10 bezw 10—15% und in 7 Fallen 15—20% Die weiteren 7 Falle bewegten sich zwischen 20 und 60% und ein weiterer Fall erreichte 60% Lymphocyten ganz Nur 5 Falle betrugen 5% und weniger In einem sehr deutlichen Gegensatze hierzu zeigten 21 exsudative Phthisen keine Werte uber 5%, ja die Mehrzahl (13 Falle) fast ein volliges Fehlen der lymphocytaren Elemente, Werte bis zu 1% und nur 2 Falle Werte von 4—5%, also als Hochstwerte kaum die niedrigen Werte der Norm erreichend *Roßle* hat die zellulare Reaktion als feinsten Indikator der allergischen Entzundung bezeichnet Ist die Trennung beider Formen auch nicht scharf, so ist *das Verhalten der Entzundung bei produktiven und exsudativen Fallen doch deutlich ein entgegengesetztes* Die reinen produktiven und die reinen exsudativen Falle, soweit man von solchen am Lebenden uberhaupt sprechen darf, stehen an den Flugeln in einer Skala der Zellreaktion der Entzundungsquaddel und haben nur eine schmale gemeinsame Strecke Finden sich mehr als 5% lymphocytoide Elemente im Exsudat, so ist der Schluß auf einen *relativ* gutartigen produktiven Prozeß berechtigt Bei komplizierten Phthisen, etwa einer Komplikation mit einer tuberkulosen Adnexitis, einer Graviditat, sind die Lymphocytenwerte gering Die zellulare Zusammensetzung des durch einen unspezifischen Reiz erzeugten Exsudates entspricht bei den Graviden den Formen, die wir sonst nur bei ungunstigeren Formen der Phthise zu sehen gewohnt sind Das findet sich bevor eine Veranderung des Lungenprozesses nachweisbar ist,

vielleicht ein Hinweis, daß die verminderte Abwehrleistung des schwangeren Organismus ihren Ausdruck findet im Sinne einer Tendenz zur Umwandlung eines produktiven in einen exsudativen Prozeß. Freilich soll damit die klinische Erfahrung, die gerade auch *Kraus* betont, nicht in Abrede gestellt werden, daß die Gravidität durchaus nicht bei jeder Phthise den Lungenprozeß verschlimmert.

Wichtiger als die einmalige Untersuchung ist auch hier, gerade wie bei der Flockung, die Veränderlichkeit des Zellbildes bei wiederholter Untersuchung. Wir hoffen durch die Aneinanderreihung von Zustandsbildern die Diagnose der Entwicklung des Leidens zu stellen, den Einblick zu gewinnen in die wechselnden Immunitätsverhältnisse, wenn wir die Krankheitslage auffassen als das wechselnde Kräfteverhältnis zwischen durchseuchtem Organismus und Krankheitserreger. Aendert sich dieses Kräfteverhältnis, d. h. die Immunitätslage, so ändert sich auch das Zellbild des künstlich erzeugten akut entzündlichen unspezifischen Herdes.

Schon physiologisch konnten wir Unterschiede feststellen. Prämenstruell 5 Tage vor der Blutung Abnahme der lymphocytoiden Elemente, mit Beginn der Menstruation Rückkehr auf die Normalzahl. Im Krankheitsverlauf sahen wir bei einer ausgedehnten anfangs fiebernden produktiven Phthise Anstieg der lymphocytären Werte, dann ein Absinken auf die Norm. Bei der chronischen Phthise finden wir freilich in der Regel nur ganz langsame Aenderungen im Zellbilde. Die allergische Entzündung ist nach ihrer formalen Reaktionsart keineswegs irgendwie für Tuberkulose eindeutig charakteristisch. Bei tuberkulösen Pleuritiden waren analoge Gesetzmäßigkeiten nicht zu erkennen.

Mögen wir auch versuchen, die örtliche Gewebsreaktion in der Lunge in ihrer ungeheuren Kompliziertheit getrennt zu betrachten von all diesen Allgemeinreaktionen, unter denen ich zwei große Untersuchungsreihen aus meiner Klinik Ihnen heute referiert habe, es soll doch zum Schlusse betont werden, wie beide Reaktionen in enger Wechselwirkung verlaufen. Für die Gewebsreaktionen in der Lunge sind zum Teil die Allgemeinveränderungen des Körpers bestimmend. Man denke nur an Menstruation und Gravidität, vor allem an die traurigen Folgen der Unterernährung in Deutschland mit ihrem Einfluß auf die Tuberkulose. Umgekehrt ist aber die Allgemeinreaktion durchaus abhängig von dem Erfolg des Kampfes an Ort und Stelle. So schwierig, ja unmöglich, es sein kann, im Einzelfalle das ursächliche Geschehen von den Folgezuständen zu trennen, wir haben Fortschritte gemacht in der Erkenntnis pathogenetischer Zusammenhänge durch das Studium der formalen Veränderungen in der Lunge und sonst im Körper. Wir schreiten aber andererseits auch darin fort, die Allgemeinveränderungen bei der Lungentuberkulose zu messen und sie in Beziehung zum ganzen Krankheitsbilde zu setzen. Die unspezifischen Allgemeinreaktionen bedeuten hier für die differentielle Diagnose einer Lungenerkrankung gar nichts, aber

für die Krankheitsintensität und den Zustand des Trägers einer Phthisis confirmata sehr viel, gelegentlich weit mehr, wie das Verfolgen des lokalen Befundes. Ich möchte meinen, daß die Labilitätsreaktionen des Plasmas in näherem Zusammenhange stehen mit dem lokalen Geschehen in der Lunge, während uns die unspezifische Entzündungsreaktion der Haut hinweist auch auf Seiten der Körperverfassung, die mehr bedingend sind für den Krankheitsverlauf, obwohl freilich auch die Krankheit diese wiederum wandelt. Könnten wir die Tendenz zur lymphocytoiden Entzündungsreaktion des Organismus mehren, würde die Neigung zu produktiven Prozessen in der Lunge zunehmen, die zu exsudativen Prozessen zurückgehen und damit wenigstens in großem Maßstabe gemessen, der Kampf des Menschen mit dem Tuberkelbazillus sich günstiger gestalten.

Hier liegt etwas, was gerade im Höhenklima zu studieren wäre. Ich komme auf das eingangs Angedeutete zurück. Wenn beim *selben* Menschen im Tieflande die Entzündungsquaddel weniger Lymphocyten zeigen würde wie in der Höhe, so wäre vielleicht auch beim Lungenkranken eine Methode gefunden, selbst wenn die übrigen Allgemeinreaktionen noch keine glückliche Wendung verraten und auch noch nicht der lokale Prozeß, die den „Zauber dieses Berges" auch dem Skeptiker demonstrieren würde.

Aus meiner Klinik hat Dr. *Rona* das zusammengestellt, was dafür spricht, daß die endokrine Drüsenformel im Hochgebirge gewandelt wird. Wir hörten auf dieser Tagung von den Beziehungen der endokrinen Drüsen zum Klima, von Klima und Konstitution und von meinem Lehrer *Kraus* Spezielles über das gesamte vegetative System, jene glückliche Fassung, die uns das innersekretorische Milieu in den größeren Zusammenhang stellt zu den Nerven des vegetativen Systems, den Ionen, den Säureschwankungen, den Grenzmembranen, ja dem gesamten physiko-chemischen Geschehen, so daß die humoralen und neuralen Zusammenhänge in ihrer Wechselbeziehung zur hormonalen Inwelt gesehen werden. *Rona* ist geneigt, die Heilwirkung des Höhenklimas auf eine Umstellung der Blutdrüsenformel zurückzuführen. Wandelt sich wirklich, und es ist der Anstrengungen weiterer Forschung würdig, das gesamte vegetative System durch das Klima, so scheint mir auch die Entzündungsreaktion der Haut, die *Kauffmann* am Zellbilde studierte, eine Methode präziser Art, solche Wandlungen zu erforschen. Nicht auf der bestrahlten Haut natürlich, die als lokal entzündet (wir haben das schon nachgewiesen), ähnlich wie ein Bein mit einer Venenthrombose, andere Entzündungsreaktion auch im Zellbilde zeigt, wie die nicht entzündete, oder gestaute Haut. Es ist zu betonen, daß ähnlich wie beim *Pirquet* auch die Eigenschaften der Haut selbst in der Kantharidenquaddel sich auswirken müssen. Aber am selben Menschen studiert, wird auch diese Reaktion im wesentlichsten zu einer Allgemeinreaktion ganz besonderer Art, die bei exakter Durchführung mir so subtil erscheint, daß man sie sehr wohl heranziehen

konnte zur Losung des Problems der unzweifelhaften gunstigen Hohenwirkung auf den tuberkulosen Menschen

Ich sehe die Hauptaufgabe nicht darin, daß man die große Unbekannte X, namlich das Hohenklima, analytisch auflost in eine Reihe von Teilunbekannten X1, X2 X3 bis Xn, denn Unbekannte bleiben sie, mogen sie physikalisch noch so exakt erfaßt werden Unbekannte in ihrer Beziehung zur Lungentuberkulose Nehmen wir das Hohenklima in seiner Gesamtheit gewissermaßen synthetisch nur als *eine* unbekannte Große hin und verfolgen wir die Einwirkung dieser, wenigstens soweit wir Aerzte sind und nicht Meteorologen in ihrer Auswirkung auf den kranken Menschen Dort auf uns bekanntem Gebiete konnen wir immerhin, trotz der ungeheuren Kompliziertheit, einiges trennend erfassen, den lokalen Gewebszustand der Lunge d h das Morphologische als Reaktion und den Allgemeinzustand der kranken Person beide funktional integriert ineinander, aber doch so daß uns Methoden zur Verfugung stehen fur das Lokale in den Lungen, wie das Allgemeine verschiedenartige Feststellungen zu gewinnen, die einander erganzen

Der Anfang ist gemacht wird die Phthise auch niemals verstanden werden ohne die Analyse des lokalen Lungenprozesses *(Aschoff)* sie wird auch niemals zu beurteilen sein ohne die Berucksichtigung der Allgemeinreaktionen und darum ist es zu begrußen daß man beginnt, diese auszubauen daß zur Temperatur und Gewichtsbeobachtung und manchem anderen klinisch so wichtigen Zeichen hinzugekommen ist eine Reihe von spezifischen und ganz besonders unspezifischen Prufungen des Allgemeinverhaltens eines kranken Organismus Die beiden Beitrage aus meiner Klinik die ich Ihnen hierher mitgebracht habe, sind gewiß kleine Teile zu einem Ganzen, das sich schon in der Gegenwart durch Resultate anderer Methoden erganzen laßt Aber von der Zukunft erwarten wir mehr daß aus der Fulle der einzelnen Feststellungsprinzipien der Zustand eines Kranken die Intensitat der Krankheit sich ergibt daß die Aneinanderreihung von Zustandsbildern zur Zustandskette uns die Entwicklung des Krankheitsverlaufes zeigt und daß der Verlauf uns gestattet, die Prognose, als letztes Ziel die „Lebensprognose" zu stellen Umstimmend zu wirken zu Gunsten des Sieges der Patienten das erreichen wir schon heute durch spezifische, wie unspezifische Behandlung immerhin so manches Mal Mir ist aus arztlicher Erfahrung keine gunstige Wandlung erwiesener wie diejenige des Hohenklimas Mochte sie auch durch diese Tagung und die folgenden bald praziser wissenschaftlicher Erfassung besser zuganglich werden Methodische Wege zu diesem Ziele mag es viele geben Wie auch meine beiden Mitarbeiter solche zu finden versuchten, wollte ich Ihnen heute berichten

Die Arbeit von Privat Doz Dr *Cohn Bronner* erscheint in der Zschr f klin Med 1926 die von Priv Doz Dr *Friedrich Kauffmann* in der Krankheitsforschung 1926

Nicht tuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane im Höhenklima

Von Prof. *R. Staehelin*, Basel

Wenn ich heute über nichttuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane im Höhenklima sprechen soll, so werden Sie von vornherein nicht erwarten, viel über eine *einheitliche* und *spezifische* Wirkung der Hochgebirgskur bei diesen Affektionen zu hören. Bei der Behandlung von Krankheiten der Respirationsorgane handelt es sich in den seltensten Fällen um eine spezifische Beeinflussung der Atemfunktion. Nur wenige Krankheiten der Atmungsorgane schädigen den Organismus durch die Störung der Respiration, eigentlich fast nur die Affektionen, die durch Beeinträchtigung des Luftzutrittes zu Erstickung führen, wie die Stenosen der Luftwege. Solche Stenosen werden, wenn möglich, durch chirurgische Eingriffe beseitigt; wo das ausgeschlossen ist, wie bei ausgedehnter kapillärer Bronchitis, handelt es sich um Fälle, für die eine Reise ins Hochgebirge ohnehin nicht in Betracht kommt und die im übrigen im Verhältnis zu den Krankheiten der Respirationsorgane recht selten sind.

Die weitaus überwiegende Zahl der Krankheiten der Respirationsorgane schädigt den Körper nicht durch Beeinträchtigung der Atmung, sondern durch die Wirkung auf andere Organe oder durch Allgemeinwirkungen. Katarrhe und Entzündungen werden durch die Infektion gefährlich, Tumoren durch die Kachexie usw. Außerdem spielt die Störung der Zirkulation eine wichtige Rolle. Die Affektionen der Respirationsorgane unterscheiden sich in dieser Beziehung von allen andern Organkrankheiten. Ueberall sonst besteht die Hauptgefahr einer Erkrankung darin, daß sie das betroffene Organ schädigt.

Die Sonderstellung der Erkrankungen der Respirationsorgane wird dadurch bedingt, daß die Atmung selbst sich von den meisten Lebensprozessen unterscheidet, indem sie einen rein physikalischen Vorgang, den Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft darstellt. Die Atmungsorgane haben also nur die Aufgabe, die Außenluft an die Membran heran zu bringen, durch die der Gasaustausch mit dem Blut in den Kapillaren erfolgen kann. Sie bestehen also nur in den zuführenden Röhren und den die Austauschmembran enthaltenen Alveolen.

Die gesamte Wandfläche der Alveolen, also die Austauschmembran, ist aber ungeheuer groß, etwa 90 m², und durch diese Fläche können in der Minute 6 Liter Sauerstoff diffundieren, also 2½mal mehr, als je bei stärkster körperlicher Anstrengung beobachtet wurde, oder 25mal mehr, als bei Körperruhe eines gesunden Menschen geatmet wird. Wenn also 9/10 der respirierenden Fläche durch Krankheit zerstört ist, so genügt der Rest noch für den Gaswechsel, und eine so hochgradige Beschränkung der Alveolarwand durch Krankheit kommt kaum vor, weil schon lange vorher der Tod eintritt, und zwar durch Störung des Kreislaufs, wenn nicht etwa die mit der Krankheit verbundene infektiöse Schädigung wie bei der Pneumonie dem Leben noch früher ein Ende gemacht hat.

Wir sind deshalb gewohnt, bei der Behandlung von Krankheiten der Atmungsorgane in erster Linie auf andere Funktionen als auf die Respiration einzuwirken, und wir werden erwarten, daß auch beim Höhenklima in erster Linie sein Einfluß auf den Stoffwechsel, die Infektions- und Immunitätsvorgänge und den Kreislauf in Betracht kommt.

Das schließt aber nicht aus, daß die Veränderung der Atmung im Hochgebirge als unterstützendes Moment bei der Behandlung eine Rolle spielt. Wir müssen also *die Wirkungen des Höhenklimas auf die Respiration* kurz betrachten.

Wir können dabei absehen von den kürzlich mitgeteilten Befunden von *Bayeux*. Dieser fand in den Lungen von Versuchstieren nach Luftverdünnung, die der Montblanchöhe entspricht, Schwellung der Alveolarepithelien. Abgesehen davon, daß die Versuche noch nicht nachgeprüft sind, ist ihre Deutung noch zweifelhaft, und unter allen Umständen kommt beim Menschen in den therapeutisch angewandten Höhen etwas derartiges nicht in Betracht.

Die Atmung wird im Höhenklima in mannigfacher, auch individuell verschiedener Weise verändert. Am meisten springt in die Augen, daß bei der Mehrzahl der Menschen beim Uebergang in die Höhe schon bei 1000 bis 1500 m die Zahl der Atemzüge, oft auch ihre Tiefe ansteigt, so daß bei den meisten Individuen die Ventilation der Lungen vermehrt ist. Das scheint bei oberflächlicher Betrachtung sehr einfach. Wenn verdünnte Luft eingeatmet wird, so ist das darin enthaltene Sauerstoffgewicht geringer, also muß der Mensch tiefer atmen, um in der Zeiteinheit gleich viel Sauerstoff aufzunehmen. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse viel komplizierter. Die Sauerstoffversorgung wäre auch ohne Erhöhung der Ventilation in nicht allzustarker Luftverdünnung genügend, und häufig bleibt auch jede Vertiefung oder Beschleunigung der Atmung aus. Geregelt wird ja die Lungenventilation gewöhnlich gar nicht durch den Sauerstoff, sondern durch die Kohlensäurespannung des Blutes. Die Kohlensäurespannung des arteriellen Blutes ist aber abhängig von der Kohlensäurespannung in den Alveolen, und diese ist nicht identisch mit dem Prozentgehalt der Alveolarluft an Kohlensäure. Wenn ein Mensch in Meereshöhe in seinen Alveolen 5% Kohlensäure hat, so beträgt deren Spannung 38 mm Hg. Atmet er in Davos in gleicher Weise, so daß der Kohlensäuregehalt ebenfalls 5% beträgt, so beträgt die Spannung dieser 5% nur 31,5 mm Hg, also 6,5 mm weniger. Es wäre eigentlich zu erwarten, daß die Lungenventilation herabgesetzt wird, bis die Spannung der Kohlensäure wieder 38 mm Hg beträgt, was bei 6% der Fall wäre. Statt dessen sehen wir, daß bei der Mehrzahl der Menschen im Höhenklima die Atmung umgekehrt vermehrt wird, also die Kohlensäurespannung in den Alveolen und somit auch im Blut herabgesetzt ist. Wir müssen also annehmen, daß das Atemzentrum

auf eine geringere Kohlensäurespannung reagiert als im Tiefland. *Hasselbalch* und *Lindhard* glauben auf der Brandenburger Hütte (3290 m), *Rohrer* in Muottas Muraigl (2456 m) eine Steigerung der Erregbarkeit des Atemzentrums in der Höhe nachgewiesen zu haben. *Loewy* ist demgegenüber der Ansicht, daß es sich nicht um eine Steigerung der Erregbarkeit, sondern um die Einwirkung von Reizen auf das Zentrum handelt, und stützt sich dabei auf Versuche von *Barcroft*, die gegen eine Verschiebung der Erregbarkeitsschwelle sprechen. Jedenfalls ist in noch höhern Regionen die Erregbarkeit des Atemzentrums nicht gesteigert, sondern herabgesetzt, wie schon *Mosso* aus dem Auftreten der *Cheyne-Stokes*-Atmung geschlossen hat, die vielleicht einigen von Ihnen bei sich selbst oder bei andern in Höhen über 4000 m auch schon aufgefallen ist.

Soviel ist sicher, daß im Höhenklima die nervöse Regulation der Atmung verändert ist, und zwar meistens im Sinne einer vermehrten Atmungsarbeit schon in der Ruhe. Noch stärker und regelmäßiger ist die Vermehrung bei Muskeltätigkeit. Während des Aufenthaltes tritt aber Gewöhnung ein, und die Lungenventilation kehrt auf die Tieflandwerte zurück.

Daraus können wir folgende therapeutische Schlüsse ziehen: Bei den zu Dyspnoe neigenden Patienten ist in der Verordnung von Höhenkuren große Vorsicht geboten und jedenfalls in den ersten Wochen jede Anstrengung zu verbieten. Umgekehrt ist das Hochgebirge bei allen Respirationskrankheiten angezeigt, bei denen wir eine Uebung der Atemmuskulatur wünschen, doch ist in der spätern Zeit des Aufenthaltes die Verordnung von Körperbewegung notwendig, und die gewünschte stärkere Muskelanstrengung ergibt sich beinahe automatisch im Sommer durch die gegenüber der Ebene steilern Spaziergänge, im Winter durch Schneestampfen und Wintersport.

Diese Wirkungen des Höhenklimas auf die Atmung selbst spielen aber bei der Behandlung Respirationskranker im Hochgebirge eine verhältnismäßig geringe Rolle. Wichtiger sind, entsprechend dem, was wir über die Therapie dieser Leiden gesagt haben, *die andern Einflüsse des Hochgebirges*. Da ergibt sich eine Reihe von Indikationen für die Behandlung von Krankheitsfolgen und von Komplikationen. Die Blutneubildung im Hochgebirge ist bei allen anämischen Respirationskranken nützlich, die Stoffwechselsteigerung (die ja meist durch den vermehrten Appetit kompensiert oder überkompensiert wird) mit ihrer Begünstigung des Eiweißansatzes bei Unterernährten und bei Rekonvaleszenten. Vielleicht ist auch die von uns gemessene Veränderung des Stoffwechsels der Ausdruck einer Umstimmung des Körpers, die von einer Hebung der Abwehrkräfte gegenüber Infektionen begleitet wird, was aber noch kaum experimentell erforscht ist. Gewöhnlich spricht man schließlich von der „allgemein tonisierenden“ oder „roborierenden“ Wirkung des Höhenklimas. Wenn man mit diesen Worten einen bestimmten Begriff verbinden will, so kann es nur der einer Erhöhung des allgemeinen Tonus, der Kraft oder der „Spannkraft“ sein, d. h. ein erhöhtes Lebensgefühl und eine gehobene Leistungsfähigkeit, also eine mindestens zum Teil nervös-psychische Umstimmung des Individuums.

Daß sie im Hochgebirge eintreten kann, weiß jeder der hier einmal seine Ferien zugebracht hat, aber wissenschaftlich ist sie schwer zu analysieren und zu erklären. Zum Teil könnte sie auf der Stoffwechselwirkung des Höhenklimas beruhen. Sehen wir doch in allen Zuständen, die mit Eiweißansatz verbunden sind, ein gesteigertes Wohlgefühl in der Rekonvaleszenz von Infektionskrankheiten, bei der Ausbildung der Muskulatur durch vernünftigen Sport, bei der Erholung von Hunger und Unterernährung, am stärksten in der Rekonvaleszenz nach regelrechten protrahierten Hungerkuren (was übrigens nach meinen Beobachtungen die therapeutischen Erfolge solcher Hungerkuren bei gewissen Neurasthenikern vollkommen erklärt). Aber der Eiweißansatz allein genügt wohl nicht zur Erklärung, ja es ist möglich, daß direkte psychische Wirkungen noch wichtiger sind wie die ästhetischen Eindrücke der Gebirgsnatur, das Wohlbehagen in der strahlenden Sonne die erfrischende Kühle des Bergwindes usw. Neben diesen Einflüssen, die ja auch an andern Orten als im Hochgebirge sich einstellen können, ist auch eine spezifische Wirkung des Höhenklimas auf das vegetative Nervensystem oder auf die Drüsen mit innerer Sekretion denkbar, wie Herr *Biedl* in seinem Vortrag ausgeführt hat. Dagegen kommt sicher außerdem noch eine Zirkulationsänderung in Betracht, die an dieser Tonisierung Anteil haben kann, die aber für die Respirationskrankheiten eine ganz besondere Bedeutung besitzt.

Viele Krankheiten der Atmungsorgane werden nur durch die *Störung des Blutkreislaufes* gefährlich. Erweiterung oder Schrumpfung der Lunge, jede Zerstörung von Lungengewebe führt bei genügender Ausdehnung zu einer Behinderung des Blutdurchflusses durch die Lungen, zu vermehrter Arbeit des rechten Ventrikels, zu dessen Hypertrophie und schließlichen Degeneration.

Können wir hoffen durch Hochgebirgskuren diese Störungen zu mildern oder müssen wir befürchten, sie zu verschlimmern?

Von den therapeutisch verwendeten Höhenlagen ist bisher nur festgestellt, daß die Pulsfrequenz in den ersten Tagen des Aufenthaltes recht oft ansteigt und daß die Muskelarbeit in der ersten Zeit eine größere Herzarbeit beansprucht als im Tiefland. Später tritt Gewöhnung ein. Ueber die genauern Vorgänge sind wir noch ganz im unklaren. Auch über eine Aenderung in der Verteilung des Blutes und über eine Beeinflussung des Kapillarkreislaufs wissen wir noch nichts. Und doch ist eine solche wahrscheinlich und ist jedenfalls dann vorhanden, wenn die Haut unter dem Einfluß des Lichts gerötet wird. Das muß einen ähnlichen, wenn auch schwächern Einfluß auf die Zirkulation ausüben wie die Kohlensäurebäder.

Uebrigens kann man sich vorstellen, daß die Luftverdünnung direkten Einfluß auf Zirkulation hat, allerdings nicht im Sinne der alten auf prinzipiell falscher Basis beruhenden *Kronecker*schen *Theorie*, deren Unhaltbarkeit *Kronecker* selbst in seinen letzten Lebensjahren eingesehen hat, sondern in dem Sinne, daß man an eine Veränderung der physikalisch-chemischen Struktur der Gewebe und damit auch der Kapillare unter dem Einfluß verminderten Luftdruckes denken muß. Für ein so kompliziertes System kann es kaum

gleichgultig sein ob es unter 750 oder 600 mm Druck steht Herr Dr v. *Neergaard* hat in der pneumatischen Kammer der Basler medizinischen Klinik daruber Versuche mit Hilfe des *Trendelenburg*'schen Froschpraparates angestellt Die technischen Schwierigkeiten sind aber noch nicht uberwunden so daß wir bisher nichts uber die Resultate aussagen konnen

Nach dem was wir bis jetzt uber den Einfluß des Hohenklimas auf die Zirkulation wissen mussen wir schließen daß fur Respirationskrankheiten mit leichtern Kreislaufstorungen das Hochgebirge indiziert ist, dagegen fur solche mit schwerer Insuffizienz kontraindiziert, und daß speziell in der ersten Zeit des Aufenthaltes eine genaue Regelung der Korperarbeit notwendig ist was ubrigens auch mit den Erfahrungen bei Herzkranken stimmt

Wir haben bisher aus unsern physiologischen Kenntnissen die Indikationen und Kontraindikationen fur die Behandlung der Krankheiten der Respirationsorgane abgeleitet Die Entscheidung hat aber die Empirie Wenn wir jetzt die *Therapie der einzelnen Krankheiten* auf Grund der praktischen Erfahrung besprechen so mussen wir leider feststellen daß die Grundlagen fur eine solche Besprechung noch recht mangelhaft sind Wohl hat eine Reihe von Autoren vor allem der leider so fruh verstorbene *Staubli* wertvolle Beitrage zu einer Kasuistik geliefert aber einstweilen ist diese Kasuistik noch recht luckenhaft Statistiken uber die Haufigkeit der uns interessierenden Krankheiten oder gar uber ihren Verlauf in der Hohe im Vergleich mit dem Tieflande liegen nicht vor (mit Ausnahme des Asthmas) Wir sind deshalb auf die sparlichen Angaben der Literatur, auf einzelne eigene Erfahrungen und auf zufallige Mitteilungen anderer Beobachtungen angewiesen

Wenn wir mit den Erkrankungen der *obern Luftwege* beginnen so ist in erster Linie zu erwahnen, daß bei der Ankunft im Hochgebirge recht oft ein Gefuhl von Trockenheit im Rachen auftritt das mehr oder weniger bald zuruckzugehen pflegt Diese Trockenheit, die eine selbstverstandliche Folge des hohen physiologischen Sattigungsdefizits der Hochgebirgsluft darstellt und die ubrigens den Wirten nicht unwillkommen ist, kann zu einer richtigen Pharyngitis sicca fuhren, die aber ebenfalls in der Regel rasch ausheilt Nicht selten hort man die Behauptung einer relativen Immunitat des Hochgebirges gegen Katarrhe der obern Luftwege Standige Bewohner von Hohenkurorten geben an bei Besuchen im Tieflande regelmaßig an Katarrh zu erkranken Es gibt aber auch Leute, die bei der Ubersiedelung ins Hochgebirge einen richtigen Katarrh (nicht eine Pharyngitis sicca) bekommen Endlich gibt es Personen die davon uberzeugt sind, daß ein Sommeraufenthalt in der Hohe sie fur den folgenden Winter gegen Erkaltungen weniger empfindlich mache Das kann aber leicht durch unspezifische Wirkungen erklart werden Wenn jemand aus relativ menschen und katarrharmer Gegend in die Stadt kommt wird er leicht infiziert und bei einem Hochgebirgs

aufenthalt kann man sich erkalten man kann sich aber auch dabei recht gut abharten Daneben konnten freilich noch Einflusse in Betracht kommen, wie wir sie beim Asthma zu besprechen haben Jedenfalls empfiehlt es sich, es bei Patienten, die haufig an Schnupfen oder akuter Bronchitis leiden einmal mit einer Hohenkur zu versuchen eventuell an einem Kurort mit Mineralquelle Aehnliche Gesichtspunkte sind bei den *chronischen* Katarrhen der obern Luftwege zu berucksichtigen Patienten mit trockener Rhinitis Pharyngitis und Laryngitis empfinden oft die Trockenheit der Luft im Hochgebirge unangenehm andere fuhlen sich dort wohl Man kann sich sehr leicht vorstellen daß selbst bei trockenen Katarrhen das hohe physiologische Sattigungsdefizit der Hochgebirgsluft gunstig wirkt Sie haben von Herrn *Hill* gehort welchen Wert er allen Maßnahmen beilegt durch die die Wasserabgabe bei der Atmung vermehrt und dadurch eine vermehrte Durchblutung der Schleimhaute mit konsekutiver antibakterieller Wirkung herbeigefuhrt wird

Sehr viel haufiger ist die Frage zu beantworten, ob man einen Patienten mit *chronischer Bronchitis* oder mit *Emphysem* ins Hochgebirge schicken soll Ich bespreche beide Krankheiten gemeinsam da sie meistens miteinander verbunden sind und mochte auch die *Bronchiektasien* hinzufugen Theoretisch ist keine besondere Heilwirkung des Hohenklimas zu erwarten bei schwerem Emphysem sogar ein ungunstiger Einfluß des Hohenklimas Tatsachlich sind Emphysematiker mit starker Dyspnoe oder mit ausgesprochener Herzinsuffizienz ungeeignet fur Hohenkuren und auch Falle ohne solche Symptome fuhlen sich dort bisweilen gar nicht wohl wenn es sich um sehr trockene Katarrhe handelt Die meisten Falle von chronischer Bronchitis empfinden einen Hochgebirgsaufenthalt angenehm und werden bisweilen entschieden gebessert Schon *Veraguth* und *Eichhorst* haben darauf hingewiesen und *Egger* hat ihre Beobachtungen bestatigt und erklart

Egger erwahnt in erster Linie als gunstiges Moment die Reinheit der Luft und ich mochte diese Erklarung fur die Zeit der winterlichen Schneedecke uneingeschrankt gelten lassen Sonst ist die Reinheit der Luft im Hochgebirge nicht großer als in jedem andern Orte mit gleich großem Verkehr und gleichen Straßenverhaltnissen Deshalb sind Bronchitiker nicht einfach ins Hochgebirge zu schicken sondern an einen Ort wo wenig Staub ist und wo Wald nicht nur in der Nahe der Ortschaft, sondern auch in der Nahe des Hotels sich befindet wie z B im Tenigerbad (Somvix, Graubunden) und an andern Orten Als weitern gunstigen Faktor erwahnt *Egger* die allgemein roborierende Wirkung von der wir schon gesprochen haben Ich mochte dem noch die schon erwahnte Moglichkeit einer antibakteriell wirkenden Schleimhauthyperamisierung durch die trockene Luft und den Einfluß des Hohenklimas auf die Zirkulation beifugen Der Kreislauf von leichtern Emphysematikern ist meistens derart daß eine allzu strenge Ruhe nicht erwunscht dagegen eine gewisse

Korperbewegung und allmahliche Uebung zweckmaßig ist Doch ist immer eine genaue Kontrolle der Muskeltatigkeit notwendig und eine arztliche Ueberwachung um so dringender, je deutlicher Symptome von Herzinsuffizienz nachzuweisen sind

Die besten Resultate sieht man bei verschleppten Bronchial katarrhen jugendlicher Individuen Aber auch alte Leute fuhlen sich bisweilen recht wohl, und zeigen manchmal objektiv feststellbare Besserungen

Es muß aber ausdrucklich darauf hingewiesen werden, daß bei Emphysem und Bronchitis im ganzen nur Sommer oder Herbstkuren in Betracht kommen, weil *die* Art von Muskeltatigkeit die fur sie ge eignet ist, namlich das Spazierengehen, durch den Schnee doch we sentlich erschwert wird Will man eine Winterkur verordnen, so schicke man die Kranken nur an große Kurorte wo viele Spazier wege gut gebahnt sind Dazu rechne ich mit an erster Stelle Davos Es gelingt oft, den Patienten das Vorurteil auszureden, daß die Ge fahr einer tuberkulosen Infektion an einem Lungenkurort großer sei als anderswo Sehr zweckmaßig ist es Kranke mit Katarrhen der Luftwege an Kurorte mit Mineralquellen zu schicken die fur solche Affektionen geeignet sind Es gibt in der Schweiz eine ganze Reihe solcher Quellen im Hochgebirge ich erinnere Sie nur an die Gips quellen des Tenigerbades, von Vals Platz und Andeer, an die Schwe felquellen der Lenk, vom Gurnigel, Serneus, Alvaneu Le Presse usw Frankreich besitzt eine Reihe von Schwefelquellen in den Pyrenaen vor allem Cauterets

Der Einfluß des Hohenklimas auf die Blutzirkulation ist zum Teil auch die Ursache fur die gunstige Wirkung des Hohenklimas, die wir oft bei *Lungenschrumpfung* infolge durchgemachter Pleuritis aber auch aus andern Ursachen sehen Hier spielt aber vielleicht die vermehrte Lungenventilation eine noch großere Rolle Ich mochte je doch dringend davor warnen, solche Patienten ohne arztliche Aufsicht zu lassen Der anatomische Prozeß ist bei einer wirklichen Lungen schrumpfung derart, daß eine Wiederherstellung der normalen Struk tur ausgeschlossen ist und daß ubermaßige Atembewegungen leicht zu Emphysem und Bronchiektasien gesunder Lungenpartien fuhren kann Auch bei einer Kompression der Lunge durch pleuritische Schwarten brauchen diese Zeit, um sich zuruckzubilden und das ana tomische Hindernis kann nicht durch Gewalt uberwunden werden Namentlich junge Individuen mussen also vor heroischer Ueberwin dung ihrer unangenehmen Gefuhle gewarnt und bei der Muskel arbeit uberwacht werden Bei der Rekonvaleszenz von Pleuritiden kommt noch die Gefahr des Wiederaufflackerns einer ruhenden Tu berkulose hinzu Ueberhaupt spielt ja bei der Behandlung der Resi duen der Pleuritis der Einfluß des Hochgebirges auf die zugrunde liegende Tuberkulose die wichtigste Rolle

Sehr gute Resultate sieht man oft bei *Restexsudaten* von Pleuritis und bei schlecht ausheilenden operierten *Empyemen* Die

Ergusse resorbieren sich manchmal auffallend rasch, die Fisteln reinigen und schließen sich Worauf das zuruckzufuhren ist ist nicht immer leicht zu sagen Die vermehrte Lungenventilation und eine etwa vorhandene Anregung des Blutkreislaufes erklaren die Erfolge nicht Wenn Sonnenbestrahlung durchgefuhrt wird, so ist wohl eine direkte Hyperamisierung der unter der Haut liegenden Teile bis zur Pleura anzunehmen Außerdem kommen wir aber auch hier, wie bei der Tuberkulose, um eine antiinfektiose Heilwirkung des Hohenklimas nicht herum

Von der *Pneumonie* ist schon behauptet worden, daß sie im Hohenklima gutartiger verlaufe als im Tiefland Ein Beweis fur diese Behauptung liegt aber meines Erachtens nicht vor Dagegen verlauft die Rekonvaleszenz sicher oft besser und rascher als in der Ebene deshalb ist das Hohenklima zu empfehlen in der *Rekonvaleszenz* von *Pneumonien* wie von allen Infektionskrankheiten uberhaupt Ich mochte hier speziell noch die Falle von *subfebriler Temperatur nach Influenza* erwahnen Ihre Ursache ist wohl keine einheitliche In einem Teil der Falle handelt es sich mit großter Wahrscheinlichkeit um die Aktivierung irgendeines tuberkulosen Herdes etwa in einer Bronchialdruse Wir mussen aber auch annehmen, daß oft Nekrosen in der Lunge zuruckgeblieben sind und kleine Abszesse oder Bronchiektasen mit infiziertem Inhalt die Temperatur unterhalten Wenn man viel Grippesektionen gesehen hat, so wundert man sich, daß nach der Heilung von Influenzapneumonie nicht viel ofter derartige Prozesse die Gesundheit storen Auch unausgeheilte Entzundungen von Lymphdrusen im Thorax konnten vielleicht gelegentlich die Ursache bilden Im einzelnen Falle ist es oft unmoglich zu sagen, weshalb die Temperaturen immer subfebril bleiben

Wenn wir solche Patienten ins Hochgebirge schicken, so geht dort die Temperatur oft auffallend rasch zur Norm zuruck, und die Kranken erholen sich in kurzer Zeit Ich muß aber, um ehrlich zu bleiben erwahnen, daß ich gleiche Erfolge auch schon von einem andern Klima, d h von dem immer noch etwas mysteriosen Klimawechsel uberhaupt gesehen habe

Eine ganze Reihe von Krankheiten der Respirationsorgane, wie die *Syphilis* die *Aktinomykose* die *Geschwulste* wird vom Hohenklima in keiner Weise spezifisch beeinflußt Doch kann trotzdem gelegentlich ein Aufenthalt an einem Hohenkurort fur einen Kranken heilsam werden z B wenn dort die Diagnose einer Lungensyphilis richtig gestellt wird Ich habe den Eindruck daß die Aerzte an Lungenkurorten seit einigen Jahren an Lungensyphilis haufiger denken und daher die Diagnose richtiger stellen als einstweilen noch die Kollegen im Tieflande

Es bleibt uns jetzt noch eine Krankheit zu besprechen bei der eine spezifische Heilwirkung des Hohenklimas immer mehr anerkannt wird und jetzt auch unserm Verstandnis naher geruckt ist namlich das *Asthma bronchiale*

Schon vor langer Zeit haben Hochgebirgsärzte auf die günstigen Erfolge des Höhenklimas bei Asthma hingewiesen, zuerst *Alexander Spengler*, dann *Bernhard*, *Nolda*, *von Planta*, *Lucius Spengler* und viele andere, besonders auch *Stäubli*. Stäubli sagt darüber: „Kaum auf irgend eine krankhafte Störung ist das Höhenklima von sichtbar so raschem und intensivem Einfluß wie auf das unkomplizierte Asthma jugendlicher Patienten. Mit dem Momente ihrer Ankunft oder binnen weniger Tage werden sie meist von den heftigsten Krisen befreit und bleiben während ihres ganzen Hochgebirgsaufenthaltes ganz davon verschont. Patienten, die sich noch vor kurzem im Tieflande schwer von ihrem Leiden geplagt, umhergeschleppt hatten, leben psychisch und körperlich im Hochgebirge im wahrsten Sinne des Wortes auf und erlangen oft eine ungeahnte Leistungsfähigkeit, die ihnen gestattet, gleich ganz Gesunden als Hochtouristen in den Schönheiten der Hochgebirgswelt zu schwelgen. Bei ältern Patienten, bei denen das Herz schon eine funktionelle Einbuße erlitten und Stauungsbronchitiden vorliegen, sehen wir häufig die Besserung nur langsam im Verlaufe von Wochen eintreten. Zwar werden auch sie meist von Anfang an von den akuten heftigen Asthmakrisen befreit, dagegen bleiben sie oft längere Zeit in ihrer körperlichen Betätigung gehemmt, meist infolge Auftretens von Herzklopfen oder Kurzatmigkeit. Mit der Zeit können aber auch solche Patienten auffallend gut sich erholen, die Funktion des Herzens bessert sich, was sich im Verschwinden von evt. bestehenden Knöchelschwellungen und Stauungskatarrhen bemerkbar macht. Es nehmen dann auch die chronisch dyspnoeischen Zustände ab, und zusehends wächst die körperliche Leistungsfähigkeit. Ist einmal dieser Zustand erreicht, so bleiben diese Patienten in der Zukunft meist fast ganz von ihren asthmatischen Beschwerden befreit.“

Sehr deutlich geht der Einfluß des Höhenklimas aus der Sammelforschung des Davoser Aerztevereins hervor, die von *Turban* und *Luzius Spengler* bearbeitet wurde. Bei dieser Gelegenheit wurde festgestellt, daß drei Davoser Landschaftsärzte in den letzten 25 Jahren bei der einheimischen Bevölkerung keinen Fall von Asthma beobachtet hatten. An sich würde das nicht viel beweisen, gewinnt aber an Bedeutung im Zusammenhang mit einer Beobachtung *v. Planta*'s.

Dieser sah mehrere Kinder mit exsudativer Diathese, die im Engadin geboren und aufgewachsen waren und dort nie an Asthma litten, aber beim ersten Besuch im Tieflande Anfälle bekamen. Er erwähnt den Fall eines 5jährigen Knaben, der von Geburt an exsudativer Diathese litt und bei einer Reise nach Chur (600 m) schon kurz nach der Ankunft Rasseln und Pfeifen bei der Atmung bekam und nach einigen Stunden an heftigen Asthmaanfällen litt, so daß er nach wenigen Tagen nach St. Moritz zurückgebracht werden mußte, wo er noch ab und zu Anfälle hatte. Ein weiterer Fall betrifft ein 3jähriges Kind, dessen Eltern das Kind wegen eines Kopfekzems aus dem Engadin nach einem 600 m hoch gelegenen Kurort brachten. Hier stellten sich nach einigen Wochen Asthmaanfälle ein und verloren sich wieder bei der Rückkehr nach St. Moritz.

Die Statistik von *Turban* und *Spengler* umfaßt 143 Patienten, die mit Asthma nach Davos gekommen waren. Dort verloren 108 ihre Anfälle vollständig. Die Resultate waren aber verschieden je nach dem Lebensalter. 14 Kinder bis zu 10 Jahren wurden sämtlich asthmafrei, von 53 Kranken zwischen 10 und 20 Jahren behielt nur einer die Anfälle, zwischen 20 und 30 Jahren betragen die Heilungen noch 65,5%, zwischen 30 und 40 Jahren 51,5%, über 40 Jahre nur noch 44,4%.

Die Heilwirkung des Höhenklimas bei Asthma hat noch einige weitere Eigentümlichkeiten. Sie ist nicht proportional der Höhenlage, sondern tritt ziemlich unvermittelt bei einer Höhe gegen 1500 m auf und stellt sich bei einzelnen Individuen auch da noch nicht ein, sondern erst bei etwa *1800* m.

Sehr bezeichnend ist die Selbstbeobachtung *Stäublis*. Er wurde 17jährig als Pneumonie-Rekonvaleszent nach Arosa geschickt, sollte aber in 1100 m eine Zwischenstation machen. Hier traten heftige Asthmaanfälle auf, aber trotzdem wurde die Reise nach Arosa unternommen, und hier verschwanden die Anfälle vom Moment der Ankunft an, um während des folgenden 5/4jährigen Aufenthaltes nie mehr wieder zu kehren.

Etwas anders verhielten sich die 3 holländischen Asthmatiker, die *Storm van Leeuwen* in die Schweiz mitbrachte. In Basel (270 m) war ihr Zustand wie in Holland, 2 fühlten sich in Ragaz (500 m) etwas wohler, in Vulpera (1260 m) deutlich wohler, in Davos (1600 m) beschwerdefrei, wenn auch nicht ganz so wohl wie in St. Moritz (1800 m). Der dritte befand sich erst in Davos wohler und erst in St. Moritz nach 24 Stunden wie ein normaler Mensch.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Höhenklimawirkung beim Asthma besteht darin, daß in der Regel keine Heilung erreicht wird. Wohl gibt es einzelne Asthmakranke, die nach der Rückkehr ins Tiefland lange Zeit von Anfällen verschont bleiben oder bei denen die Krankheit nachher wenigstens eine zeitlang milder verläuft, es gibt aber auch solche, bei denen das Leiden sofort nach der Heimreise, ja sogar schon unterwegs wieder mit der alten Heftigkeit einsetzt, bisweilen in der ersten Zeit mit ungewohnter Stärke.

Bis vor zwei Jahren hatte man für dieses Verhalten des Asthmas im Hochgebirge gar keine *Erklärung*, so daß ich früher geneigt war, die Wirkung vorzugsweise in der Beeinflussung des *Nervensystems*, in der Entfernung aus der gewohnten Umgebung, in der Suggestion zu vermuten, wie ich überhaupt die Asthmaanfälle als rein nervös auffaßte. Daß ein nervöses Moment eine wichtige Rolle spielt, ist ja bekannt und wurde von *Strübing* bewiesen, indem es ihm gelang, bei Normalen durch die Nachahmung der asthmatischen Atmung typische Anfälle zu erzielen, ja sogar einen Gesunden für mehrere Monate zu einem typischen Asthmatiker zu machen. Es gibt ja auch Aerzte, die behaupten, alle Patienten durch Psychoanalyse vom Asthma heilen zu können. Daneben sind *Reizzustände in den Respirationsorganen* von Bedeutung, und dazu ist nun als drittes und vielleicht wichtigstes Moment die chemische Umstimmung des Körpers, die *Ueberempfindlichkeit* gekommen.

Schon 1873 hat *Blackley* das Heufieber als Ueberempfindlichkeit gegen Graserpollen erkannt, und bald nach der Entdeckung der Anaphylaxie durch *Richet* wurde nicht nur das Heufieber, sondern das Asthma uberhaupt, das ja in einzelnen Fallen durch chemische Stoffe, wie Ipecacuanha, Ursol, die Luft von Pferdestallen usw ausgelost wird, in Beziehung zur Anaphylaxie gebracht Amerikanische Autoren haben nun seit einigen Jahren mit Hilfe von Kutanimpfungen diese Ueberempfindlichkeit festzustellen gesucht, und *Chandler Wacker* fand bei 48% der Asthmatiker eine positive Reaktion gegenuber bestimmten Substanzen die er als Antigen betrachtete Pferdeschuppen Hundehaare Gansefedern, Huhnereiei, Zwiebeln, Schweinefleisch, Bakterienextrakte kurzum alle moglichen „Proteine" wurden als auslosendes Agens erkannt Als ich von diesen Untersuchungen las und mir Extrakte verschaffen konnte sah ich zu meiner Betrubnis, daß keiner meiner Asthmatiker eine positive Reaktion auf die Prufung (nach der Art der Pockenimpfung) zeigte Auch die genaueste Anamnese vermochte nichts von bestimmten, auslosenden Gelegenheiten auszuquetschen außer etwa den Geruch von Schimmel bei Patienten, die aber auch sonst Anfalle bekamen Spater habe ich dann mit Genugtuung erfahren daß auch in Holland, Deutschland Norwegen und andern Landern die positiven Reaktionen bei der Skarifikation selten sind daß aber bei der intrakutanen Injektion jeder Asthmatiker gleich auf mehrere selbst mehrere Dutzend Proteine uberempfindlich ist so daß man erst recht nicht weiterkommt *Storm van Leeuwen* hat an 300 Patienten in Holland gezeigt, daß dort die spezifische Ueberempfindlichkeit sehr selten ist daß aber sozusagen alle Asthmatiker eine allgemeine Ueberempfindlichkeit zeigen besonders gegen den Extrakt der menschlichen Kopfschuppen und daß 85% uberempfindlich sind gegen Substanzen, die in der Luft und im Hauserstaub der Gegend enthalten sind Brachte er solche Kranke in ein hermetisch verschlossenes Zimmer das nur mit filtrierter Luft ventiliert wurde, so waren sie beschwerdefrei, um sofort wieder Anfalle zu bekommen wenn er unfiltrierte Luft einblies

Deshalb lag fur *Storm van Leeuwen* der Gedanke nahe daß die Substanz die in Holland, und zwar in verschiedenen Gegenden in wechselnder Menge in der Luft vorhanden ist, im Hochgebirge fehlen konnte Zur Prufung dieser Frage brachte er, wie erwahnt 1923 drei Asthmatiker in die Schweiz, und als sie in Davos bezw St Moritz frei von allen Erscheinungen waren, brachte er dem einen, der gegen mit Milben infizierten Hafer uberempfindlich war, solchen Hafer in den Bereich der Einatmungsluft mit dem Erfolg, daß sofort ein Asthmaanfall auftrat Hautreaktionen mit Staubextrakten aus Basel, Lugano und Ragaz waren fast so stark wie in Holland, mit solchen aus Vulpera Davos und St Moritz nur schwach *Die asthmogene Substanz die in Holland besonders reichlich ist wurde also von einer gewissen Meereshohe an fehlen* Ihre Natur und Herkunft konnte *Storm van Leeuwen* nicht definitiv feststellen Er dachte an Hefe

und Schimmelpilze und fand in der Schweiz tatsächlich weniger Hefe und Penicillium glaucum als in Holland, aber die Unterschiede zwischen den einzelnen Schweizerorten sind zu gering, um diese Vermutung zu bestätigen.

Durch das Fehlen der asthmogenen Substanz erhält vielleicht das Schlagwort der Reinheit der Luft im Hochgebirge eine wirkliche Berechtigung und es erscheint mir möglich, daß die Menschen, die behaupten, die Reinheit der Hochgebirgsluft zu fühlen und hier besser atmen können, nicht nur die Kühle und Trockenheit empfinden, sondern tatsächlich eine Erleichterung der Atmung erfahren. Denn auch bei nicht asthmatischen Gesunden kann die „asthmogene" Substanz Reizungen, vielleicht auch Schleimhautschwellungen hervorrufen. Jedenfalls aber erzeugt sie bei einzelnen Menschen statt Asthma Katarrhe der obern Luftwege und das erklärt wohl auch die früher erwähnte günstige Wirkung des Höhenklimas bei einzelnen Patienten mit solchen Krankheiten.

Die Theorie *Storm van Leeuwens* hat also viel Bestechendes und verdient nachgeprüft zu werden. Sie kommt freilich nicht für alle Fälle in Betracht.

Storm van Leeuwen selbst fand in Holland 85% seiner Asthmatiker „klimaempfindlich". Bei den übrigen 15% ist keine Wirkung des Höhenklimas zu erwarten. In andern Ländern ist der Prozentsatz dieser refraktären Fälle vielleicht noch größer. Hier sind vielleicht andere Ueberempfindlichkeiten oder rein nervöse Störungen Ursache des Asthmas. Ich habe Fälle gesehen, bei denen ein Aufenthalt an der See bessere Resultate zur Folge hatte als eine Hochgebirgskur, offenbar weil an der See weniger Muskelarbeit geleistet wurde, die ja für manche Asthmatiker schädlich ist.

Aber selbst wenn wir den Eindruck haben, daß andere Momente im Vordergrund stehen, können wir einen Versuch mit dem Hochgebirge machen. Die Ursachen kombinieren sich häufig. Es muß Fälle von schwacher Klimaempfindlichkeit geben, die an sich nicht zur Entstehung von Asthma genügen würde, die aber dazu führt, daß nervöse Erregungen das Asthma auslösen. Selbst in folgenden Fällen ist das möglich.

Im Lauf einiger Jahre habe ich 2 Patientinnen wiederholt in der Klinik beobachtet, von denen die Ursache des Asthmas zuerst nicht klar war.

Beide verloren bei den ersten Spitalaufenthalten ihre Anfälle prompt, später nicht mehr. Ich habe deshalb einer nach der andern einen längern Aufenthalt in Samaden verordnet. Beide waren dort anfallsfrei und erholten sich glänzend, aber beide bekamen auf der Rückreise in Zürich wieder einen Anfall und gingen schließlich an Asthma und Emphysem zugrunde. Nachträglich erfuhren wir, daß bei beiden das Asthma ursprünglich die Folge davon gewesen war, daß sie statt des Mannes, den sie liebten, einen andern geheiratet hatten. Bei der einen war der erste Anfall wenige Tage nach der Hochzeit aufgetreten, bei der andern erst, als ihr Liebhaber, den sie neben dem Manne beibehalten hatte, sie verließ.

Hier kann man das Verschwinden der Anfälle und ihr Wiedererscheinen nach der Rückkehr rein psychisch erklären, einen Einfluß der Hochgebirgsluft aber auch nicht in Abrede stellen. Ein solcher ist *neben psychischen* Momenten im folgenden Fall anzunehmen.

Ein Lehrer, der in Basel an schwerstem Asthma litt und auf der Klinik immer schlimmer wurde, wurde nach Samaden geschickt. Hier war sein Zustand zuerst sehr schwer, er mußte im Krankenhaus behandelt werden, erholte sich aber allmählich, wurde anfallsfrei und nahm schließlich eine Stelle in einem Erziehungsinstitut im Hochgebirge an. Als er aber wieder Schule hielt, kehrten die Anfälle wieder, und er mußte die Stelle aufgeben.

Wenn wir einen Asthmatiker ins Hochgebirge schicken, müssen wir die Flüchtigkeit des Erfolges von vornherein berücksichtigen. Allerdings ist es für viele Kranke schon eine Wohltat, wenn sie vorübergehend von ihren Qualen befreit sind. Eine Pause, in der sie wirklich aufatmen können, hilft ihnen den Rest des Jahres durchzuhalten. Für sehr schwere Fälle bleibt schließlich nur dauernde Niederlassung im Höhenklima übrig. Für die andern Fälle hat *Storm van Leeuwen* einen einleuchtenden Vorschlag gemacht. Er versuchte eine unspezifische Sensibilisierung und wählte dazu das Tuberkulin. Die Behandlung wird aber im Tiefland immer wieder von den Anfällen durchkreuzt. Durch die „asthmogene" Substanz wird der Körper allmählich sensibilisiert, bis der Anfall kommt, und dieser führt eine Desensibilisierung herbei. Dieser beständige Wechsel kann eine richtige Dosierung des Tuberkulins unmöglich machen. Dagegen läßt sich eine solche im Hochgebirge in der anfallsfreien Zeit durchführen. Es ist sehr zu wünschen, daß der Vorschlag befolgt wird. Es wird sich dann zeigen, ob die Voraussetzungen stimmen.

Zum Schluß noch ein Wort über die *Sonnenkuren* bei Erkrankungen der Respirationsorgane. Die Sonnenbestrahlung im Hochgebirge stellt gewissermaßen die größte Potenzierung der Klimawirkung dar. Sie ist deshalb da angezeigt, wo wir eine energische Einwirkung wünschen und für erlaubt halten, sie ist da verboten, wo wir möglichste Schonung für notwendig erachten. Sie ist umso berechtigter, je mehr sich der Zustand des Patienten dem des Gesunden, des Prophylaktikers, des vorgeschrittenen Rekonvaleszenten nähert. Sie darf aber auch da angewandt werden, wo wir eine energische Klimawirkung wünschen, aber stärkere Körperbewegung kontraindiziert ist, also bei gewissen Emphysematikern, Rekonvaleszenten mit geschwächten Herzen usw. Hier kann sie die Resultate der Klimawirkung erheblich verbessern.

Ich glaube Ihnen gezeigt zu haben, daß nicht nur bei Lungentuberkulose, sondern auch bei den andern Erkrankungen der Respirationsorgane das Höhenklima viele Erfolge haben kann. Ich glaube auch, daß weitere Forschung und weitere Erfahrung die Resultate noch verbessern, die Indikationen noch erweitern kann. Den Weg dazu weisen die neuen Erkenntnisse und therapeutischen Vorschläge beim Asthma bronchiale. Er liegt nicht in der Richtung der Behand-

lung *durch* das Hochgebirge, sondern der Behandlung *im* Hochgebirge

Hier stoßen wir aber auf einen empfindlichen Mangel, und ich mochte mit einer Anregung und mit einem Wunsche schließen

Die Behandlung *im* Hochgebirge laßt sich in vielen Fallen im Hotel einfach nicht richtig durchfuhren, sondern nur in einem *Sanatorium* Nun besitzen wir eine Fulle von ausgezeichneten Sanatorien fur Tuberkulose, aber noch recht wenige fur andere Krankheiten und von diesen wenigen haben sich einzelne wahrend des Krieges in der Richtung nach dem Luxushotel entwickelt Ich habe mir schon dadurch geholfen daß ich Patienten mit nicht tuberkulosen Erkrankungen der Atmungsorgane in Lungensanatorien geschickt habe Aber ein Idealzustand ist das nicht Nun haben auch die Herren *Michaud Loffler* und *von den Velden* auf die Notwendigkeit arztlicher Ueberwachung und sorgfaltiger Diat hingewiesen Wir brauchen also fur alle nichttuberkulosen Erkrankungen, nicht nur der Respirationsorgane Sanatorien im Hochgebirge, und zwar in verschiedenen Hohenlagen und fur verschiedene Anspruche Erst dann laßt sich der therapeutische Wert des Hohenklimas voll ausschopfen Nachdem jetzt wieder normalere Zustande herrschen ist zu hoffen, daß die Ansatze zu einer Sanatoriumsbehandlung nichttuberkuloser Krankheiten im Hochgebirge, die vor dem Kriege vorhanden waren, weiter entwickelt werden Moge die reiche Forderung, die die Erforschung und therapeutische Verwertung des Hohenklimas von dem Institut in Davos und auch von unserer Tagung erfahren hat auch in dieser Hinsicht anregend wirken

— — —

Wert klimatischer Kuren für die Rekonvaleszenz

Von Professor Dr. *Reinhard von den Velden*, Berlin

Das mir gestellte Thema „*Der Einfluß des Höhenklimas auf die Rekonvaleszenz*" ist trotz seiner überragenden praktischen Bedeutung nur vereinzelt Gegenstand exakter tier- und klinisch experimenteller Untersuchungen gewesen. Wohl findet man im Schrifttum zerstreut Angaben allgemeiner und spezieller Natur über dieses Gebiet, sie stehen aber schon rein zahlenmäßig in einem gewissen Kontrast zu dem großen Bedürfnis, über diesen Punkt Aufklärung zu bekommen. So sehe ich heute und hier meine Aufgabe darin, nur eine Skizze dieser Frage zu geben, und dabei nicht so sehr von dem Standpunkt des Experimental-Pathologen, sondern vielmehr als klinischer Arzt zu Ihnen zu sprechen. Sie werden sehen, daß sich eine Menge von Problemen auftun werden, die ihrer Lösung noch harren, und an denen zu arbeiten wir alle, insonderheit das Institut in Davos, berufen sind. Ich werde mich an vielen Stellen auf die inhaltsreichen Darbietungen der vergangenen Tage beziehen können, die uns über den Einfluß der einzelnen klimatologischen Faktoren auf gesunde und kranke Lebewesen unterrichtet haben.

So eigentümlich es klingen mag, der Begriff der *Rekonvaleszenz* ist noch recht wenig fixiert, und wir müssen damit beginnen, uns darüber klar zu werden, was wir eigentlich unter Rekonvaleszenz zu verstehen haben. Es handelt sich hier um eine Zusammenfassung aller jener Zustände, bei denen nach den verschiedenartigen und gradigen Krankheitsursachen ein morphologischer und funktioneller Wiederaufbau mit dem Ziel der Erreichung optimaler Zustände erstrebt wird. Betrachten wir zunächst das einfache klinische Bild der Rekonvaleszenz nach einer schweren Infektionskrankheit. Die Infektion ist vorüber. Angriffe der Bazillen und ihrer Gifte wie der zerstörten Organe sind nicht mehr zu befürchten, und es handelt sich nun darum, den eingerissenen Bestand an Körpersubstanz wieder aufzubauen, die Funktionen wieder herzustellen, aber nicht allein die direkte Einwirkung, die sogen. primäre Schädigung durch das krankmachende Agens kommt bei der Entstehung der Störungen in Betracht, sondern auch sekundäre, tertiäre usw. Effekte, und es braucht hier nur daran erinnert zu werden, daß z. B.

die Nebenwirkung einer Infektion auf das endokrine System zu Folgerungen fuhren kann, die noch unberechenbar lang den Wiederaufbau in ungunstigem Sinne beeinflussen die Rekonvaleszenz also aufzuhalten vermogen

Wenn man nun hierbei allein die Wirkung des schadigenden Moments im Auge hat, so wird man die Verhaltnisse der Rekonvaleszenz nie richtig erfassen konnen, denn es spielen auch hier eine ausschlaggebende Rolle die *Konstitution* und vor allem, was wir bei allem konstitutionellen Betrachtungen heute als selbstverstandlich ansehen die Verhaltnisse des endokrinen Systems, mit andern Worten die Blutdrusenformel Um es kurz zu bezeichnen, konnen wir den Zustand der normalen Funktion in der sogen Gesundheit die *Eubiose* nennen Wir gelangen durch den Einfluß der verschiedensten krankmachenden Momente in ein Stadium das wir als *Dysbiose* bezeichnen konnen und wenn der Organismus auf diese Weise dauernd in einen andern, meistens krankhaften Zustand gekommen ist, so kann man von *Allobiose (Heubner)* sprechen Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir die Zustande in der Rekonvaleszenz zunachst als *dysbiotisch* bezeichnen als Veranderung der Konstitution, so daß also eine vollkommen andere Organisation besteht, als sie vor der betreffenden Krankheit vorlag Die Hauptfrage ist nur immer ob diese Konstitutionsanderung die naturlich sowohl gunstig wie auch ungunstig fur den Betroffenen sein kann, eine dauernde ist, so daß wir also eine Allobiose, eine Funktionseinstellung auf vollkommen veranderter Basis, womoglich einen irreversiblen Zustand vor uns haben, oder ob wir den fruheren vor der Krankheit bestehenden morphologischen und funktionellen konstitutionellen Eigenheiten wieder zusteuern konnen, dann ware der Zustand reversibel, rekonvaleszenzfahig

So erscheint uns dieses etwas verschwommene Gebiet der Rekonvaleszenz unter einer festern Umgrenzung Man darf aber nicht denken daß diese veranderte Konstitution allein durch schwere Infektionen hervorgerufen wird, es gibt noch eine Menge anderer Momente die in demselben Sinne wirken Viele endogene und exogene schadigende Ursachen konnen zu derartigen Umstellungen fuhren, wobei besonders der Einfluß operativer Eingriffe hervorgehoben sei Wie selbst aseptische Operationen, auch wenn sie ohne Narkose ausgefuhrt werden in mancher Richtung auf den Organismus umstimmend einwirken haben uns ja die experimentellen Untersuchungen von *Burger W Lohr* u a objektiviert Man muß aber noch weiter gehen und kann in den Angriffen des taglichen Lebens, in den physikalisch chemischen Einwirkungen der Umwelt derart umstimmende Zugriffe auf unsere Konstitution sehen, diese konstitutionellen Veranderungen nach mehr oder weniger langdauernden psychischen und physischen Insulten sind wenigstens in ihren Anfangen Ermudungszustande, die einer Erholung zustreben, einer Rekonvaleszenz mit oder ohne arztliche Behandlung bedurfen

Diese Ausführungen können mit einer gewissen Berechtigung als noch zu wenig präzise man könnte beinahe sagen als unwissenschaftlich bezeichnet werden Das muß zugegeben werden Ich sagte ja schon daß die experimentelle objektivierende Erfassung dieser konstitutionellen Umwertung die Festlegung veränderter Funktionen in dieser Hinsicht noch im Argen liegt, und es kann heute nicht meine Aufgabe sein Ihnen hier das weit verzweigte Gebiet der funktionellen Diagnostik in dieser Richtung aufzuzeigen Es werden uns überdies dadurch auch nur Bilder augenblicklicher Zustandsänderung aber leider nicht die gesuchten absoluten Indikatoren der veränderten Reaktionsfähigkeit gegeben und weniger noch wird uns die Frage beantwortet werden können in welcher Weise der weitere Um und Aufbau im Einzelfall verlaufen wird Doch möchte ich Sie darauf verweisen daß uns die physikalisch chemische Betrachtung des Problems in dieser Hinsicht fördern kann *H H Meyer* hat diese Frage kürzlich in Beziehung zu den eigentümlichen Einflüssen der umstimmenden Proteinkörpertherapie vom pharmakologischen Standpunkt aus erörtert und wir können auch für unsere Zwecke diese kurze Beschreibung der *zellulären Umstimmung* gebrauchen

Die physikalisch chemische Struktur der Zelle wird durch den Angriff eines Antigens stark verändert Das ist nicht nur eine theoretische Deduktion Die Untersuchungen der *Straub* schen Schule u a haben uns dafür objektive Zahlen gegeben Der Erfolg dieser veränderten Zellstruktur ist eine vollkommen veränderte Reaktionsfähigkeit Es tritt eine Sensibilisierung ein die jedoch nicht allein gegenüber dem sensibilisierenden Antigen sondern auch ganz allgemein unspezifisch vorhanden ist Es wirken also nicht nur kolloidale Substanzen sondern alle möglichen Einflüsse die die Zellgrenzschicht treffen können Veränderungen in der Blutzusammensetzung Einflüsse der vegetativen Nerven usw sind in diesem Sinne ebenfalls als Reize anzusehen, die von dem ganz andere Angriffs und Reaktionsflächen bietenden sensibilisierten Zellsystem auch ganz anders beantwortet werden Es ist also ein vollkommen verschobenes Niveau vorhanden das auf der einen Seite eine *Ueberempfindlichkeit* ein frühzeitiges und überstarkes Ansprechen auf sonst unterwertige Reize und eine qualitativ ganz andere Verarbeitung dieser Reize in sich birgt, auf der andern Seite aber auch eine oft auffällig schnelle *Erschöpfbarkeit* zeigt Diese Dinge sind uns ja alle mehr oder weniger aus der Klinik geläufig und bei der Therapie sehr wohl zu bedenken

Der tierische Organismus ist also durch eine Krankheit, welcher Natur sie auch sein mag, entweder an sämtlichen Zellen oder wie sehr wahrscheinlich, nur an gewissen Zellsystemen in diesem eben besprochenen Sinn sensibilisiert Dadurch, daß diese Beeinflussung nicht überall gleich stark ist, daß die Individualkonstitution diese Sensibilisierung im Einzelfall und auch hier wieder an den verschiedenen Organgebieten sich ganz verschieden auswirken lassen kann

macht natürlich das Bild beim Menschen äußerst komplex. Zweifellos kommt es hier sehr häufig zu anaphylaktischen Zuständen auf der einen Seite, anderseits wieder zu Desensibilisierungen. Das Auge des Klinikers kann natürlich nur teilweise die Resultate dieser veränderten Partialkonstitutionen und Partialkonvaleszenz erkennen.

Die *Hauptsymptome*, die sich dem Arzte in der Rekonvaleszenz zu erkennen geben, sind Gewichtsabnahme, Muskelschwäche, Blutarmut, verminderte Leistungsfähigkeit in körperlicher und geistiger Hinsicht, Darniederliegen der verschiedensten vegetativen Funktionen unter ganz besonderer Hervorhebung der Störungen am Kreislauf, weniger am Herzen als an den peripheren Gefäßen. Der Gleichgewichtszustand im vegetativen Nervensystem ist stark gestört, das sieht man nicht nur an den Erfolgsorganen des Kreislaufes, des Magendarmkanals usw., sondern auch im Stoffwechsel. Ausdehnung, Zusammensetzung, Stärke und Dauer dieser Rekonvaleszenz-Dysbiose ist ganz verschieden. In Tagen kann es schon ohne besonderes Zutun zu einer Rückkehr in eubiotische Zustände kommen. Manchmal jedoch sieht man, daß diese „Dysbiose“ sich trotz der verschiedensten therapeutischen Maßnahmen nicht in Wochen, sogar nicht in Monaten beheben läßt; es bleibt ein allobiotischer Zustand, der mehr oder weniger stark an die klinischen Bilder der pluriglandulären Insuffizienz erinnern kann. Sicher spielt ja die Veränderung des inkretorischen Systems hiebei eine wichtige Rolle, ohne daß sie sich klinisch gleich deutlich zu zeigen braucht.

Haben wir nun in aller Kürze die Zustandsänderung gezeichnet, die sich bei allgemeiner Betrachtung der Rekonvaleszenz am menschlichen Organismus zeigt, so erhebt sich die weitere Frage, wie mit der *Therapie* hier anzugreifen ist. Zweifellos findet die *Wiedererstarkung*, und zwar, wie es in dem Wort schon durch das „con“ sehr richtig bezeichnet worden ist, die *Zusammenführung der funktionellen Kräfte* in den meisten Fällen ohne ärztliches Zutun allein geleitet durch den Instinkt des einzelnen oder seiner mehr oder minder einsichtsvollen Umgebung statt. Befände sich jeder derartige Rekonvaleszent im Besitz eines vernünftigen Instinktes, so wäre gegen diese Eigenleitung nichts einzuwenden; das ist aber bei der Mehrzahl der Fälle nicht so; es bedarf der in seiner Konstitution Geänderte meist der ärztlichen Leitung, und es wird immer noch zu leicht übersehen, daß dieser sogen. zweite Teil der Krankheit bezw. ihrer Behandlung für den Arzt mindestens ebenso wichtig ist als die erste Hälfte, die „eigentliche Krankheit“, die häufig nicht nur vom Patienten als die wesentliche betrachtet wird. Natürlich muß zuerst erkannt werden, ob das krankmachende Moment bereits ganz ausgeschaltet ist, ferner wie weit überhaupt durch eine Therapie die verschiedenen Veränderungen wieder zum Verschwinden gebracht werden können; das kann hier im einzelnen nicht aufgezählt werden. Es sei nur darauf verwiesen, daß hier weniger das Gebiet der organspezifischen Arzneimittel ist als vielmehr der unspezifischen sog. leistungs

steigernden Therapie, die sich „omnizellular“ auswirkt, oder anders ausgedruckt, eine Therapie, die sich diejenigen Partien des Korpers nutzbar macht, welche sich in dem Stadium der veranderten Reiz barkeit, also der oben besprochenen Sensibilisierung befinden Hier ist das Hauptanwendungsgebiet der *physikalischen Therapie* hier konnen wir auch mit der *Proteinkorpertherapie* zugreifen, und hier ist eben das Gebiet, wo uns die *klimatologischen Faktoren* insbeson dere das *Hohenklima* therapeutische Erfolge bescheren, die wir sonst nicht erreichen konnen

Selbstverstandlich gilt fur diese Therapie, wie fur jede andere auch, der Hauptgrundsatz, daß man ein anspruchsfahiges Gewebe hat Weder der ausgesprochene Zustand der Ueberempfindlichkeit noch der einer sofort eintretenden Erschopfbarkeit ist fur das Hohen klima in der Rekonvaleszenz geeignet Kachexien, dekompensierte Zustande am Kreislauf, an den Nieren usw schwerste organische Veranderungen an den Blutgefaßen, an der Leber und Aehnliches sind naturlich vollkommen ungeeignet Sie bieten eine absolute *Kontraindikation* In vielen andern, auch leichtern Fallen wird man die Hausbehandlung oder die einfachsten klimatischen Faktoren im Tiefland, weiter im Mittelgebirge, an der See usw erst einwirken lassen mussen, ehe man den Patienten dem Hohenklima ubergibt Hier muß dann unter scharfster arztlicher Kontrolle in individuell angepaßter Reihenfolge langsam mit der Zufuhr der verschiedenen Reizfaktoren vorgegangen werden Die experimentellen Untersuch ungen von *Kestner Loewy* und ihren Schulen geben uns ja die Moglichkeit an die Hand, in scharfer Abstufung Strahlung, Temperatur Sauerstoffarmut usw auf den Kranken zur Einwirkung kommen zu lassen Daß man sich dabei auch der Diatetik, gewisser arzneilicher Maßnahmen der Bader usw in Kombination mit den Faktoren des klimatischen Heilplatzes bedienen kann, ist klar, erhoht anderseits aber auch die Moglichkeit ungunstiger Wirkungen und kann nur unter verantwortlicher Fuhrung eines Arztes statt finden

Man muß es allerdings zuweilen erleben daß selbst bei richtiger Indikation und bei genau dosierter Verabfolgung der klimatischen Faktoren Fehlschlage eintreten Das hangt damit zusammen daß besonders bei der Klimatherapie das psychologische Moment im Einzelfall besonders bei den Storungen der Rekonvaleszenz, außerst schwierig in richtiger Weise in Rechnung gestellt werden kann Es ist notwendig daß man nicht nur bei einer klimatischen Kur die bekannten Faktoren einwirken laßt, sondern der Arzt muß es auch verstehen als Personlichkeit einen derartigen Einfluß auf den Patienten auszuuben daß er auch in dieser Hinsicht in optimaler Weise auf den Rekonvaleszenten einwirkt Es darf also nicht sche matisch vorgegangen werden, und wenn wir auch absolute Indika tionen und Kontraindikationen fur gewisse Klimata und bestimmte Krankheiten, insbesondere bestimmte Rekonvaleszenzzustande kennen

so korrigiert die Praxis doch zuweilen unsere theoretischen Ueberlegungen.

Gehen wir nunmehr auf die einzelnen Faktoren über, die als Heilfaktoren für das Rekonvaleszenzstadium im Höhenklima in Betracht kommen, so darf ich auf die von berufenster Seite *(Loewy)* gegebenen Ausführungen verweisen und will mich nur auf das wesentlichste beschränken. *Luftdruckveränderung*, in Abhängigkeit hiervon die *Sauerstoffarmut*, *Strahlung*, *Temperatureinwirkungen*, besonders die *Kälte* (hierzu gehören auch die Winde) und nicht zum letzten die *Landschaft (Hellpach)* sind die für unser therapeutisches Streben hauptsächlich in Betracht kommenden Momente.

An dieser Stelle möchte ich, selbst wenn ich schon von Andern Gesagtes wiederhole, auf einige Punkte hinweisen. Die Beeinflussung des *Stoffwechsels* ist eingehend studiert und gerade für unsere Erfordernisse sehr bedeutungsvoll. Es fängt schon an mit einer Hebung des Appetits. Jeder Klimawechsel, namentlich die Nordsee und das Höhenklima, steigern das Hungergefühl in ausgesprochenster Weise, ohne daß wir genau wissen, an welcher Stelle des komplexen Vorganges „Appetit" der Angriff erfolgt *(v. Durig)*. Das Darniederliegen des Appetits ist ja bei vielen verschleppten Rekonvaleszenzen ein Hauptsymptom, das mit Stomachica-Verordnung und Diät nicht immer behoben werden kann. Ueber die Beeinflussung der Verdauungssaftabsonderung, die ja auffallend lang auf ein Minimum herabgedrückt sein kann (siehe z. B. beim Typhus R. *v. d. Velden* [Vater]), haben wir noch keine bestimmten Angaben. Daß es sich bei der Stoffwechselbeeinflussung hauptsächlich um *Eiweißansatz* handelt, ist für den Wiederaufbau sehr wesentlich. Man kann diesen Effekt des Höhenklimas durch individuell zu dosierende vorsichtige Muskeltätigkeit vertiefen. Wenn auch dabei die Art der Nahrung keine ausschlaggebende Rolle spielt, so sollte man doch z. B. in den Hotels auf die Art der Ernährung *aller* Erholungssuchenden, d. h. also in weitestem Sinne der Rekonvaleszenten, mehr Rücksicht nehmen durch Abkehr von den fleischüberladenen, qualitativ und quantitativ falsch eingestellten „Vergiftungs" Mahlzeiten! Daß das Körpergewicht bei dieser Stoffwechseländerung durchaus kein Maß für den wirklichen Aufbau zu sein braucht, bedarf keiner weitern Ausführungen.

Das weitere hervorstechende Symptom der Höhenklimawirkung ist der Einfluß auf das *hämatopoetische System*, das ja besonders leicht durch die verschiedensten Krankheitsursachen geschädigt wird und — ein sehr feiner Indikator einer allgemeinen oder auch nur speziellen konstitutionellen Schwäche — auffallend lang in der Rekonvaleszenz quantitative wie qualitative Defekte bei der Untersuchung des Hämoglobingehaltes, der Zellen, der Polychromasie und auch der prozentualen Zusammensetzung des weißen Blutbildes zeigt, ein Zeichen, daß noch immer ein dys- oder sogar ein allobiotischer Zustand vorliegt. Man braucht hier nicht immer daran zu denken, daß

noch ein latenter Herd aktiv oder daß eine schwere aregeneratorische Schädigung der Blutbildungsstätten aufgedeckt ist, es gibt auch eine ganze Menge leichterer dysbiotischer Erscheinungen die unbedingt eines energischen therapeutischen Zugriffs bedürfen, um nicht von dem Markstein dieser betreffenden Krankheit an eine allgemeine, insonderheit hämatologische Allobiose zu zeigen. Gerade hier ist der Reiz des Höhenklimas beinahe unersetzlich. Mag es nun die Wirkung der speziellen Sauerstoffarmut sein, mögen unspezifische Leistungssteigerungen durch Wirkung eigener Körperzerfallsprodukte oder mag schließlich die geweckte endokrine Komponente die Hauptrolle spielen, Tatsache ist, daß wir im Tiefland oft mit *Kuhn*scher Maske, Eiweiß oder Blutinjektionen, Organtherapie usw. als den „Tieflandersatzmaßnahmen" der oben angeführten Hochlandeffekte nicht zum Ziele kommen. Die Experimente haben erwiesen, daß anämische Menschen und Tiere besonders schnell im Höhenklima regenerieren (*Eggers* u. a.).

Ich wies schon darauf hin, daß zweifellos in jeder Krankheit das hochempfindliche *endokrine System* besonders leicht, schnell und leider auch anhaltend Störungen erleiden kann und daß zweifellos durch diese Belastungsprobe latente Schwächen hier wie auch in andern Systemen manifest gemacht werden. Es sind weniger grobe inkretogene Krankheitsbilder (manchmal allerdings Anklänge an pluriglanduläre Störungen) in der Rekonvaleszenz als vereinzelte mehr oder weniger deutlich hervorspringende Symptome, bei deren Entstehung die fast stets und überall mitwirkende endokrine Komponente eine betonte Rolle spielt. Wir stehen hier noch im Anfang unserer Kenntnisse. Doch soll an dieser Stelle darauf verwiesen sein, um so mehr als wir ja annehmen dürfen, daß klimatische, insbesondere höhenklimatische Faktoren (Sauerstoffarmut, Strahlung usw.) (*Asher, Mansfeld*) Reize für das endokrine System an einer seiner Hauptstellen (vegetatives Nervensystem — Drüsen — physikalisch-chemische Gewebsstruktur) darstellen können. Ich verweise auf *Biedl*s Ausführungen und möchte nur daran erinnern, daß von Störungen im Menstruationszyklus berichtet wird und daß erfahrene Kliniker den Einfluß des Höhenklimas mit den Erscheinungen der Pubertät vergleichen, eine sicher richtige Beobachtung, die allerdings nicht selten das therapeutisch erwünschte Maß überschreitet und den Wiederaufbau stören kann.

Es ist wohl sicher, daß den Hauptausschlag bei klimatischen Wirkungen die Reaktion des *vegetativen Nervensystems* gibt, mag man es als System für sich betrachten, oder was wohl besser ist, in seinen engen wechselseitigen Verbindungen mit dem Blutdrüsensystem und seinen Erfolgsorganen. Auf welche Weise diese klimatische Einwirkung zustande kommt, ist an dieser Stelle nicht zu untersuchen. Hierher gehört der Hinweis auf die große Labilität des vegetativen Nervensystems in der Rekonvaleszenz und hier liegen auch soviel Imponderabilien bei der praktischen therapeutischen Verwer-

tung klimatologischer Tatsachen fur den Einzelfall Hier liegt die Wurzel fur gunstige und ungunstige Effekte auf alle vegetativen Funktionen, und auch hier deckt uns oft die Reaktion in der Rekonvaleszenz die „Tiefenpersonlichkeit“ erst auf Namentlich sind es ja wenn nur ein Punkt hervorgehoben werden soll, die cardiovaskularen nervosen Storungen, insonderheit die vasomotorischen Verhaltnisse Man kann es an der Hautdurchblutung, Schweißbildung und an der Gesichtsfarbe u a m sehen, erfahrt es aber oft viel mehr noch aus den subjektiven Angaben der Patienten (die sich meist schlecht objektivieren lassen) uber Durchblutungsstorungen der verschiedensten Gefaßbezirke Erscheinungen die sich wie meist zunachst im Hohenklima verschlechtern konnen dann aber bei vernunftiger Schulung bis auf das individual konstitutionelle Optimum heben lassen

Hier sei gleich der wichtige Punkt der hohenklimatischen *Kreislaufbeeinflussung* in der Rekonvaleszenz angefugt *Michaud* hat Ihnen ja das wesentlichste uber Kontraindikationen gesagt und vor allem betont daß noch eine viel zu große Angst vor der Hohe besteht Ein Teil dieser Rekonvaleszenzstorungen ist von mir schon oben bei den vegetativen Neurosen gestreift Hier soll nur der immer wieder auffallende Heileffekt bei der Rekonvaleszenz im Involutionsalter hervorgehoben sein Viele sogenannte Arteriosklerotiker konnen nirgends so gut valeszieren als in dem ihnen adaquaten Hohenklima Mag hier das endokrine Moment mag die partielle Sauerstoffarmut oder die Leistungssteigerung an den Kapillaren wirken, jedenfalls liegt hier die Hauptstelle der Wirkungsmoglichkeiten *Krogh* s Untersuchungen haben uns viel Licht in die Betrachtung der Gewebsdurchblutungen und ihrer Abhangigkeit von vielen Faktoren gebracht Wir mussen vom klinischen Standpunkt aus *Loewy* recht geben wenn er bei der Besprechung der Sauerstoffarmutwirkung nicht nur das Sauerstoffbedurfnis (s *P Ehrlich*[1]) bestimmter Gewebe insbesondere bestimmter nervoser Zentralapparate sondern auch die Gefaßversorgung als sehr wichtiges Moment hinstellt und z B damit gewisse Formen der Hypertonie im mittlern und hohern Alter in Konnex bringt Ich bin nur der Meinung daß wir hier nicht immer an dem groben anatomischen Begriff der Arteriosklerose haften bleiben durfen Fur uns handelt es sich um funktionelle dysbiotische Zustande an und in den Kapillarwanden um kolloid chemische Alterationen (siehe oben), um eine Angioendotheliose (wenn man eine Bezeichnung nehmen will), die am jungen und am alten *Gefaß sein kann* und die reversibel ist, ein erfolgreicher Angriffspunkt namentlich fur die hohenklimatischen Faktoren

Ein Wort noch uber den *Respirationstrakt* *Staehelin* hat hier alles Wissenswerte gebracht Die tiefere Atmung die bessere Luftung der Lunge belebt atelektatische Partien und hilft Verwachsungen dehnen und losen Restkatarrhe verschwinden usw Daß gerade hier eine vorsichtige erfahrene Leitung notig ist sei nochmals hervorgehoben

In ganz kurzen Strichen habe ich die Moglichkeiten der Wiedererstarkung gezeichnet, eigentlich nur an die Wiederherstellung der gestorten Funktion denkend Wie weit der Einfluß auf das Bindegewebe gleichzeitig eine Vernarbung, Einkapselung usw der zerstorten Gebiete, eine Beseitigung verschiedengenetischer Entzundungsherde veranlassen kann, bleibe hier unbesprochen

Nur andeutungsweise sei nochmals hervorgehoben, was schon an verschiedenen Punkten meines Vortrages zum Ausdruck kam, daß wir bestrebt sein mussen, vor allem das *psychologische* Moment richtig einzuschatzen und vor allem bei der Therapie richtig durchzufuhren Es liegen schon interessante psychologische Untersuchungen an Kindern, die dem Nordseeklima ausgesetzt wurden vor

Was macht nun das Hohenklima abgesehen von alledem, was schon gesagt wurde, besonders geeignet fur unsere Zwecke? Es ist einmal die Moglichkeit, fast an alle Behandlungsstellen technisch leicht zu gelangen, fast uberall entsprechende Statten zu finden und vor allem an keine Jahreszeit gebunden zu sein Man wahle aber die Zeit, die man zur Wiederherstellung braucht, auf keinen Fall zu kurz Wir hangen alle im Unterbewußtsein an dem vierwochigen Urlaub Das mag bei regenerationsfahiger Konstitution fur die *einfache Ermudungsrekonvaleszenz* eben genugen Wenn man die Erstarkung „fuhlt" dann beginnt sie erst, dann rechne man noch einige Wochen und beziehe die langsame Umklimatisierung in das Tiefland, in das Arbeitsmilieu, ein Hier werden tagtaglich die grobsten und dummsten Fehler gemacht Vermeidet man sie, dann kann man wirklich konstatieren, wie eine konstitutionelle Veranderung morphologisch und funktionell zustande gekommen ist, am deutlichsten merkt man es an der Jugend und wir besitzen schone Beobachtungen an unserer armen nachkriegsgeknechteten Großstadtjugend, die in ihrer Entwicklung durch mehrmonatlichen Aufenthalt an der Nordsee einen ‚Ruck" bekommt *(Kestner Haberlin)* So kann man die Konstitution formen, so kann man Rassen verbessern Das ist die wahre Rekonvaleszenz dysbiotischer und leider schon zum Teil allobiotischer Volker und Gesellschaftsklassen

Ich bin am Schluß und weiß wohl, daß ich den meisten keine neue Tatsachen bringen konnte Es erweist sich aber die alte Lehre als zu Recht, daß die alltaglichen Dinge die man vielleicht sogar mit einer gewissen Geringschatzung behandelt sieht, fur praktische und theoretische Ueberlegungen reichlich Gelegenheit bieten, wenn man sie unter dem Gesichtswinkel neuer Forschungen und der von ihnen abgeleiteten Lehren betrachtet So geht es auch mit dem praktisch so ungeheuer wichtigen Gebiet der *Rekonvaleszenz* Hier ist noch viel, sehr viel zu arbeiten, und ich bin dankbar dafur, daß mir der Vortrag Gelegenheit gegeben hat, in dem Kreise erfahrenster Kollegen uber diese Fragen zu sprechen und Probleme aufzuzeigen

---

Diskussionsbemerkungen zur Klinisch therapeutischen Abteilung S 558

Die Menschenseele in der Alpennatur

Nach einem öffentlichen Vortrage
von Staatspräsidenten Prof *Hellpach* Karlsruhe[1])

— —

Der Gefahr, dies unermeßliche Thema in dilettantischem Gerede zerfließen zu lassen ist nur durch strengste Selbstbeschränkung vorzubeugen Drei Grundbeziehungen des beseelten Menschen zur alpinen Natur sollen besprochen werden Wir nennen sie der Reihe nach die ökumenische, die sportliche die restitutive — m a W wir wollen von der Wesensart des Alpenbewohners, von der des Alpinisten und von der des Erholungsuchenden Kenntnis nehmen

1 *Die Aelpler* Alle romantischen Vorstellungen (Tellfiguren, Defregger'sche und selbst Anzengruber'sche Typen) sind natürlich auszuscheiden Die Alpenbevölkerungen deutscher Zunge (und das ist die überwältigende Mehrheit) sondern sich in zwei große Hälften, die bayrisch-österreichische und die alemannisch schweizerische Die erstere ist ausgesprochen künstlerisch begabt, Volkstanz, Volksgedicht, Volksgesang, Zitherspiel, Theaterspiel, Geigenbau u a sind in ihren Wohnsitzen zu Hause, es ist kein Zufall, daß 3 so eminente Theaterdichter des vorigen Jahrhunderts wie Anzengruber, Grillparzer und Schönherr österreichischen Stammes sind, während die Schweiz keinen namhaften Vertreter dieser Gattung erzeugt hat, sondern im Gegensatz dazu die großen realistischen Erzähler wie Gotthelf und Keller ihr eigen nennt Der schweizerische Aelpler ist wesentlich praktisch beanlagt, man möchte sagen nicht theatralisch sondern prosaisch, seine große Leistung liegt auf dem politischen und geschäftlichen Gebiete, gerade dort, wo es dem bayrisch österreichischen Aelplertum an Erfolgen mangelt Wie erklären wir uns diesen Tatbestand? Man hat die Konfession zur Deutung heranziehen und die stärkere geschäftlich politische Einstellung der protestantischen Welt, deren größere Nüchternheit der phantasiehaften, mehr gefühlsmäßig-künstlerischen des Katholizismus gegenüberstellen wollen Daran mag sicher etwas sein, doch scheint es, daß die katholischen Urkantonler im großen Ganzen doch auch die allgemein-

---

[1]) Da der Vortrag ohne Manuskript in freier Rede gehalten wurde können wir hier nur einen von Herrn Staatspräsidenten Hellpach uns freundlichst zur Verfügung gestellten Auszug bringen

schweizerischen Zuge tragen und den bayrisch osterreichischen Alpen bewohnern nicht etwa ahneln weil sie gleich diesen katholisch sind Wir stoßen eben hier doch auf die Stammesfrage die eines der großten Ratsel unter den ethnologischen Problemen darstellt Der Vortragende kommt nach einem allgemeinen Ueberblick uber den Tatbestand der Stamme in Deutschland zu folgendem Resume die Stamme sind nicht etwa Unterabteilungen der Rasse, denn in ihnen sind die drei europaischen Hauptrassen (manche nehmen vier an) miteinander gemengt und vermischt, unter den Aelplern gibt es nordische alpine mediterrane und dinarische Typen bunt durcheinander (Defregger malt die Manner gern nordisch oder dinarisch, die Madel alpin er ruhrt damit unbewußt vielleicht Konstitutionsfragen an die seit Kretschmer s bahnbrechendem Buch uber Korperbau und Charakter uns alle vielfaltig beschaftigen) Die Entstehung der Stamme liegt ganz im vorgeschichtlichen Dunkel, die Erhaltung und Umbildung der Stammeseigenschaften aber ist nach den Forschungen des letzten Jahrzehnts wohl sicher eine Wirkung der naturalen und sozialen Umweltfaktoren Einflusse physischer und Eindrucke psychischer Art, ununterbrochen von Kindheit an wirksam, haben eine ungeheure Modellierungskraft so wenig wir etwa *alle* einzelnen solcher Einflusse und Eindrucke bis heute uberschauen Der Vortragende geht an dieser Stelle namentlich auch auf die Frage der Landschaftswirkung beim Aelpler ein Das Verhaltnis des Alpenbewohners zu seiner Umwelt ist zwar eminent praktisch, das bedeutet aber beim naiven Menschen nicht dasselbe wie util, rein nutzlich Der naive Mensch empfindet und erlebt auch fromme, religiose mystische, aber glaubische Dinge durchaus praktisch naiv und nicht sentimentalisch reflektierend Gerade darum sind diese Erlebnisse um so starker wenn auch unbewußt seelenformend beim naiven Menschen Beim Aelpler aller Gegenden bemerken wir nun als seelischen Zug der ubrigens in gewissem Maße allen Bergbewohnern eignet, eine lebhafte anschauliche Phantasie die sich auch beim schlichten Volke in einer fur unsere Begriffe großartig bildlichen Ausdrucksweise kundtut Dazu tritt ein eigentumliches gehaltenes Pathos des Sprechens das beim Oesterreicher mehr ins Theatralische, beim Schweizer mehr ins Lehrhafte hinuberspielt Die hohe Anschaulichkeit durfen wir wohl ebenso wie das Pathetische als Ergebnisse des Lebens in einer großartigen, die Phantasie reich nahrenden ja herausfordernden Natur deuten Immer muß man sich aber bewußt sein daß der naive Mensch, also auch der Aelpler, die Erlebnisse nicht rezeptiv aufnimmt, sondern sich stets aktiv mit ihnen auseinandersetzt wie sein Alltag es mit sich bringt Dies ist sehr wichtig im Unterschied vom zweiten Typus, den wir zu wurdigen haben

2 *Der Alpinist* sucht die verlorene Naivitat im Zusammenleben mit einer grandiosen Natur kunstlich, sportlich sich wiederzuholen, indem er mit dieser Natur spielerisch ringt, nicht in der Alltagsnot ringt, wie der Bewohner Wo er nicht uberhaupt bloß Rekordleistung,

Abenteuer sucht (aber dies darf man wohl als eine entartete Form des Alpinismus bewerten), dort sucht er das Pathos der großartigen Einsamkeit, die künstlich heraufbeschworene Gefahr, indem er sich in der übersteigertsten Form der Natur zum Ringen mit ihr stellt und sich ihr gegenüber behauptet. Dies kann man als das stärkste ethische Verhältnis des beseelten Menschen zur Natur, das wir kennen, bezeichnen. Es wird mit ihr gerungen bis zur Erschöpfung, ja bis zur Selbstopferung, ohne daß dafür eine äußerliche Not vorläge — in diesem Sport liegt bei aller natürlichen Gefahr des Kraftmeiertums, des sportlichen Fanatismus dennoch eine Keuschheit und ein Adel, an die keine andere Sportsart heranreicht. Zu den immer rasender um sich greifenden sadistischen und narzissischen Sportformen, deren Inhalt nur noch das brutale Niederwerfen eines Gegners und das Kokettieren (Protzen) mit der eigenen Körperlichkeit ist, bildet der Alpinismus ethisch ein wohltätiges Gegengewicht: alles, auch das Leben einsetzen, nur um das Erlebnis der höchsten Erhabenheit zu erringen, dem Kameraden dabei aber, wenn's nottut, unter eigenem Lebenseinsatz zu helfen. Es ist in vielen Augenblicken die stärkste ethische Hochspannung, die wir in unserer Zeit außerhalb des kriegerischen Heroismus überhaupt kennen.

3. *Der Erholungsuchende* läßt nun diese ethische Spannung gerade bewußt zu Hause! Er will ethisch *ent*spannt sein, sich nur hingeben, aufnehmen, ein wohliges Spielzeug der alpinen Einflüsse und Eindrücke sein. Der Begriff *Pathos* gewinnt in ihm seine ursprüngliche Bedeutung als „Leiden" wieder, sie sind alle diese Erholungsuchenden, im leichtesten Grade leidend — *patho*logisch, nicht *pathe*tisch. Leidend im leichtesten Grade, das heißt *müde*: stadtmüde, berufsmüde, mitmenschenmüde, alltagsmüde, pflichtenmüde. Umgebung *und* Leistung sollen radikal gewechselt werden. Dieser Radikalismus des Erholungsbedürfnisses ist ein immer typischer gewordener Zug im Erholungswesen unserer Zeit, der dem Aufsuchen der Alpen, der alpinen Erholung mächtig Vorschub geleistet hat. Denn man sucht eben die allerhöchsten Höhenlagen, weil man in ihnen die stärksten erholenden *Einflüsse* vermutet, und man sucht die großartigsten Szenerien, weil man die stärksten *Eindrücke* für die erholungskräftigsten hält. Das heute stadterwimmelnde Engadin, in dem noch vor einem Menschenalter ein Nietzsche die Einsamkeit suchte und fand, ist das klassische Zeugnis dieses Wandels. Was aber findet die müde Seele in Wahrheit in der Alpennatur?

Machen wir uns das am Ausspruch eines Erholungsbedürftigen klar, der mir einst sagte: „Ich suche leichte, frische, reine und klare Luft." Er findet „leichte", nämlich verdünnte Luft, er findet die Konstante des verminderten Luftdrucks um so stärker, in je größeren Höhen er seine Erholung sucht. Er findet „frische", d. i. kühlere und bewegte Luft, findet eine bessere Luftzusammensetzung als in seiner Fabrikstadt, wenn es sich dabei auch um recht winzige Unterschiedsbeträge handelt; die stärkere und geänderte Strahlung gibt

ihm die Gewißheit der Luftklarheit. Erfahrungsgemäß ruft dies alles zusammen eine lebhafte Reaktion hervor, die im wesentlichen eine erregende Note hat, die Stimmung hebt sich, wird „euphorisch", manchmal bis zu einer Art Höhenrausch; der Schlaf leidet oft, ist kürzer und unruhiger, trotzdem ist die subjektive Frische am Tage größer, es macht sich eine gesteigerte Unternehmungslust geltend, Wanderlust, unverwüstlicher Tatendrang, alles Zeichen einer oft hochgradigen motorischen Erregtheit, die sich dann auch ins Unangenehme steigern, Gereiztheit, Unrast, Zwangsdenken, Schwindel und Zittern mit sich führen kann. Das Problem, wie diese Wirkung psychologisch zustandekommt, ist nun leider noch immer ganz unaufgehellt. Die Zeiten, wo man einen Faktor, z. B. die Vermehrung der roten Blutkörperchen dafür ausschließlich in Anspruch nahm, sind überwunden, aber die Theorien der sachkundigen Forscher gehen weit auseinander, welches die entscheidenden Atmosphärilien und welches die entscheidenden Angriffspunkte im Organismus für diese Atmosphärilien seien. Zuletzt hat die Strahlung sehr große Beachtung gefunden, aber es ist bezeichnend, daß z. B. *Kestner* die Strahlungswirkung schon wieder in eine Luftzusammensetzungswirkung auflösen möchte und daß wir jetzt aus *Loewy*s Munde auf Grund sorgfältiger Forschungen eine erneute Reaktion gegen diese Bevorzugung der Strahlung zugunsten der Luftdruckwirkung gehört haben. Der Vortragende bespricht diese Kontroversen an einer Auswahl von Beispielen und Zitaten. Vermutlich liegt die Wahrheit im Kompromiß, d. h. die mannigfachen Aenderungen der atmosphärischen (und vielleicht auch terrestrischer) Elemente beim Aufstieg ins Hochgebirge setzen dem Organismus zu, greifen an den verschiedensten Stellen des Organismus an und beeinflussen damit Physis und Psyche. Empirisch können wir nicht warten, bis die theoretischen Kontroversen ausgetragen sind, und man muß sagen, es ist heute schon eine ganze Fülle empirischer Einsicht da, die weit über die landläufigen Laienvorstellungen betr. der Hochgebirgswirkung hinausgeht und eine recht rationelle Dosierung der Ratschläge erlaubt. Namentlich die *Dynamik* der Einwirkung verdient größte Aufmerksamkeit. Wir haben 3 Reaktionsstufen zu unterscheiden. Die Eintrittsreaktion bezeichnet den Vorgang der *Inklimatisation*, der im Unterschied zur Akklimatisation, d. h. der dauernden Einstellung des Organismus auf ein neues Klima, die rasche Umstellung darstellt, diese Reaktion kann sehr heftig sein und geradezu unterm Bilde des Eintrittsrausches vor sich gehen. Sie geht über in die gemäßigtere Aufenthaltsreaktion, die durch die äußerlichen Aufenthaltsbedingungen oft zu kurz ausfällt und jedenfalls durch subjektives Wohlbefinden ohne allzustarke Euphorie gekennzeichnet sein sollte, doch bleibt der Schlaf bei zahlreichen Menschen im Hochgebirge dauernd mangelhaft. Die Nachreaktion, der Deklimatisation und Reklimatisation folgend, stellt den eigentlichen Kurerfolg dar, sie kann sehr spät deutlich werden, manchmal erst Wochen nach der Heimkehr

(das berühmte „Weihnachtsgeschenk“ der alten Badeärzte!), sie ist im Durchschnitt nach relativ kurzen Aufenthalten im Hohenklima kräftig frühzeitig aber nicht sehr nachhaltig (nach Seeaufenthalten leiser, schleichender, aber länger vorhaltend). Dabei sei beachtet, daß die Reaktionen sich auch nach den Naturellen richten, es gibt überhaupt zwei verschieden reaktive Vitalitäten, eine frühreaktive und eine spätreaktive, z. B. auch auf Gemütsbewegungen, Heimsuchungen aller Art. Diese personelle seelische Artung will bei der Auswahl von Erholungskuren ebenfalls gekannt und gewürdigt sein! Unter diesen Gesichtspunkten werden wir die *objektiven* atmosphärischen Erholungsfaktoren in konstante und variable Reize des Klimas zu sondern haben, konstant ist der Luftdruck des Hochgebirges, variabel sind etwa Wind und Strahlung, sie können und sollen durch künstliche Vorrichtungen bewußt „mutiert“, dosiert und geschaltet werden, wie dies Hallen, Fenster (Glas verschluckt bekanntlich fast die ganze ultraviolette Strahlung!), vor allem auch durch Alleen, Park und gepflegten Wald möglich wird. Ein hygienisch geforsteter Wald ist eines der vollkommensten und natürlichsten Reizmutatoren, die es gibt. *Dorno* hat uns gezeigt, wie sehr auch durch die Wahl der Jahreszeiten die klimatischen Reize einschließlich der Strahlung dosierbar und mutierbar sind. Auf einen Kurfaktor möchte ich aber noch aufs eindringlichste hinweisen: es hängt unter Umständen Entscheidendes davon ab, ob man die Reize passiv rezipiert oder sich aktiv mit ihnen auseinandersetzt! Wandern, Bergsteigen, Sammeln, Zeichnen, Photographieren, ja selbst das harmlose Blumenpflücken und Briefeschreiben bieten Möglichkeiten der Aktivierung des Kurlebens, die für die Verarbeitung und Bewältigung, damit auch für die Einwirkung und Nachwirkung der alpinen, wie aller klimatischen Erholungsreize von der größten Tragweite werden können. Die Lenkung des Erholungsuchenden nach dieser Richtung hin kann geschehen durch eigentliche Therapie, aber auch durch persönliche Lebenskunst, die aus Erfahrungen klug wird, oder durch Pädagogik, zum Beispiel bei Gemeinschaftswanderungen, die in dieser Hinsicht, durch eine rationelle Erziehung zur rechten Erholung im Gebirge Gutes stiften könnten. Ganz besonders gilt dies auch für die Bewältigung der *Eindrücke*, die die Alpennatur darbietet. Sie werden ja gesucht als Kontrast zum Alltag, zur Ablenkung und Betäubung von ihm — und darum geschieht im Aufsuchen der stärksten Eindrücke des Guten heute so oft zu viel. Sie sollten mehr ausgewählt werden im Sinne einer Erhöhung des Alltages und einer Wiederstrahlung für den Alltag, denn Besinnung und Festigung sind auf die Dauer wichtiger als Ablenkung und Betäubung. Gerade hier wird darum die aktive Erarbeitung auch des landschaftlichen Genusses der Alpenszenerie so wesentlich gegenüber dem bloßen passiven Sich-Hingeben an die großartigsten Eindrücke. Die psychologische Differenzierung der Individualitäten wird hierbei natürlich noch wichtiger als bei den klimatischen Einflüssen, und gänzlich irrational. Es sollte nur nicht

ubersehen werden, daß die moderne Technik, die das Erreichen der hochsten Regionen innerhalb weniger Stunden so erleichtert hat, auch die Gefahr dieses passiven Einschluckens der starksten Reize klimatischer wie landschaftlicher, enorm steigert und daß dieser Gefahr entgegengearbeitet werden muß

Der Vortragende schloß seine Betrachtungen tiefe Erkenntnis steht ahnend oftmals gerade im Eingang von Epochen die sich neue Lebensgebiete und Lebenswerte erobern Den Generalnenner alles des hier Besprochenen finden wir vielleicht am schonsten ausgedruckt in den beruhmten Versen von Klopstocks Ode an den Zurcher See Hier empfinden wir die hymnische Hingegebenheit der Sinne in den Zeilen „Schon ist Mutter Natur, deiner Erfindung Pracht auf die Fluren verstreut“ — dann aber reckt sich das Gedicht in herrlicher Steigerung zur tatigen Bewaltigung des großen Alpenerlebnisses auf Schoner ein froh Gesicht das den großen Gedanken deiner Schopfung noch einmal denkt!“

Les etudes glaciologiques en Suisse

Par le Prof Dr *P L Mercanton* Lausanne delegue de la Societe helvetique des Sciences naturelles

---

La vraie raison de ma venue a Davos n'etait pas d'ajouter peu de chose a la profusion de vos communications, mais bien d'apporter aux savants ici reunis et aux organisateurs de ce congres d'abord le salut confraternel et cordial de la Societe helvetique des Sciences naturelles, le puissant groupement national que j'ai l'honneur de representer au sein du Conseil de l'Institut de recherches

Sans doute l'activite principale de la Fondation relevant de la medecine et de la therapeutique climatique, ce ne peut être vers elle directement que va l interet des naturalistes suisses et cela se comprend, mais a l'Institut de recherches est relie un observatoire unique en son genre en Europe, la creation du Prof *Dorno* dont le moins qu'on puisse dire est qu'elle est tout a fait remarquable et telle que nous autres Suisses sommes fiers de la posseder sur notre sol et il me plait singulierement de pouvoir, moi Suisse romand, lui dire ici toute notre admiration et notre reconnaissance

Le conferencier fait alors un expose sommaire de l organisation et du programme des etudes glaciologiques en Suisse[1]) Il examine tour a tour l alimentation et l ablation du glacier soit le bilan economique de cet appareil L etude de l alimentation est le sujet de la nivometrie laquelle se fait par le moyen des echelles nivometriques fixes des balises mobiles des totalisateurs de précipitation

La dissipation se mesure par l emergence de perches par le réjaugeage du torrent glaciaire L orateur souligne en passant l importance de recherches directes sur la radiation solaire absorbee par le glacier Le role de la pluie de l evaporation et du vent doit etre élucide encore

L etat du glacier crue decrue ou stationnement est fonction des deux facteurs alimentation et dissipation dont les relations réciproques sont complexes d autant que le glacier ne livre pas immédiatement à celle ci les ressources reçues de celle la L ablation agit surtout au bas du glacier l alimentation au haut et il en resulte le transport physique de masses de

---

1) Nous ne reproduisons ici qu un résumé de la conference de M Mercanton donne par l auteur lui meme les observations sur lesquelles elle est basée ayant éte publiees dans les variations periodiques des Glaciers des Alpes Suisses rapports annuels crées par F A Forel quarante cinquième rapport 1924

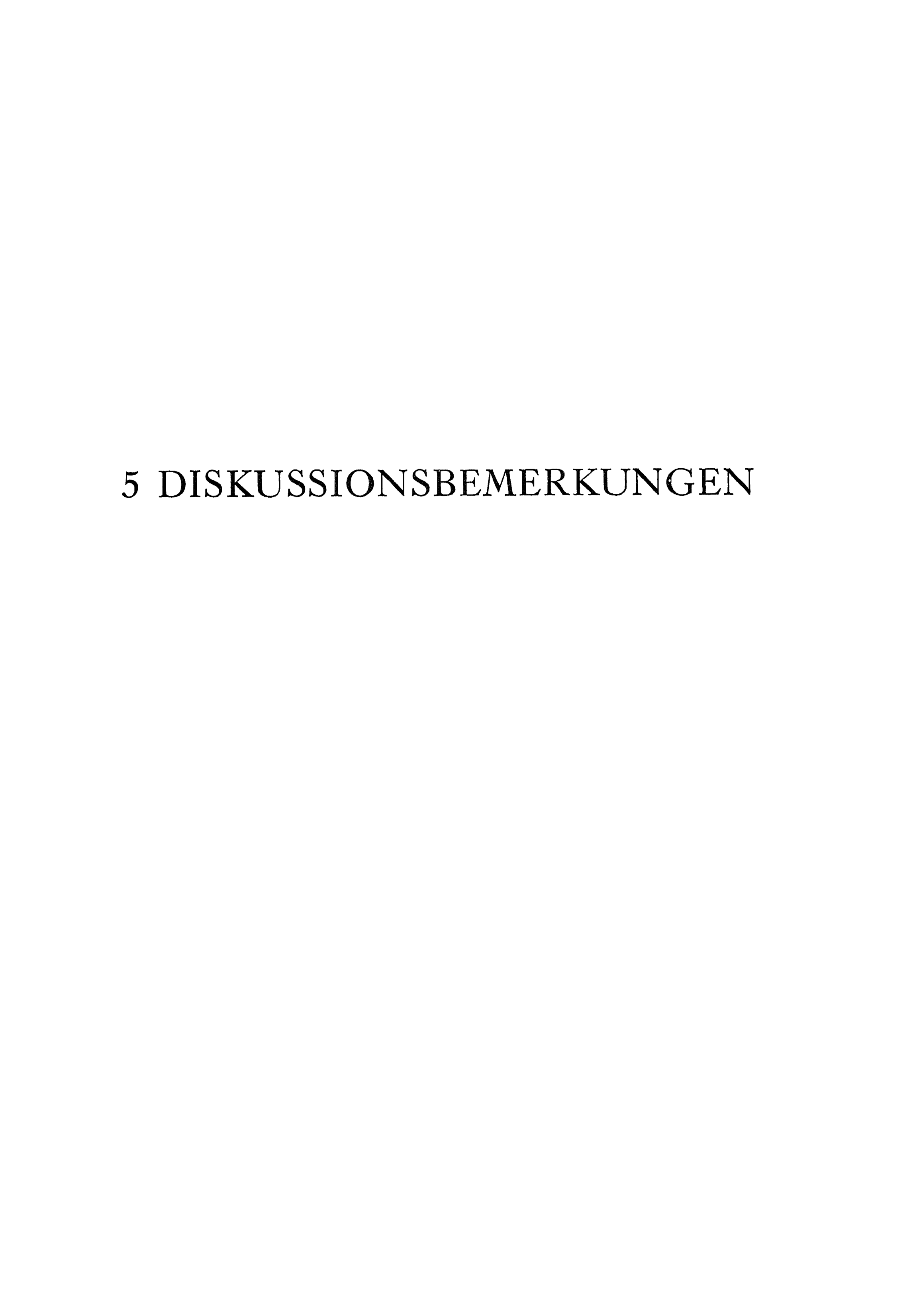
l amont a l aval soit le mouvement du glacier manifestation unique et combien interessante de la deformation graduelle d une masse homogene et quasi isotherme sous l effet de son propre poids Sujet d etude ardue mais combien passionante

Les variations des glaciers en etendue resultat du bilan variable de l alimentation et de l ablation glaciaires sont l objet d un controle régulier et tres développe en Suisse sous l impulsion agissante de la Commission des Glaciers de la S H S N

Le conférencier enumere les methodes employees reperage topo graphique arpentage photographie aerienne stereoscopie mesure de l e coulement frontal de la glace par le cryocinemetre etc

Tout ceci indiqué dans les grandes lignes seulement le conferencier l illustre par un certain nombre de diapositifs la plupart originaux

---



5 DISKUSSIONSBEMERKUNGEN

Zur physikalisch meteorologischen und zur biologischen Abteilung

---

Prof *Dorno* (Davos) Fur Intensitatsbestimmung des, wie Herr Prof *Bang* so eindrucksvoll auseinandergesetzt, biologisch uberaus wichtigen schmalen Spektralteiles im Ultraviolett ist die die Kadmiumzelle benutzende photoelektrische Methode ganz besonders geeignet Die Empfindlichkeitskurve dieser Zelle, veroffentlicht von mir in der „Strahltentherapie" und an andern Orten, festgelegt auf meine Anregung von Dr *Vahle* deckt sich fast vollkommen mit der der Oberhaut des Menschen, charakterisiert durch die Erythembildung Messungen nach dieser Methode sollten uberall, wo ernstlich strahlungsklimatische Untersuchungen angestellt werden, durchgefuhrt werden in Erganzung der Bestimmung der Gesamtintensitat der Sonnenstrahlung

Prof *Bang* (Kopenhagen) Es wird gewiß mit Freude zu begrußen sein, wenn die Kadmiumzelle imstande sein wird gerade das biologisch wirksame Spektralgebiet zu registrieren Ich muß aber darauf aufmerksam machen, daß die *direkt* gefundene biologische Kurve nicht ausschließlich aus dem Maximum besteht, die niedrigen Teile der Kurve sind ja nicht *ganz* ohne Bedeutung Es ist deshalb notwendig, direkte Vergleiche zu ziehen zwischen den biologischen und den gleichzeitig durch die Kadmiumzelle gewonnenen Kurven Stimmen diese nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis uberein, dann — aber nur dann — ist auch nach meiner Meinung die Kadmiumzelle vorzuziehen Ich hoffe daß man hier in Davos solche Vergleiche anstellen wird

Prof *Linke* (Frankfurt) Ich halte es fur wahrscheinlich, daß sich fur jeden biologisch wichtigen Spektralbereich eine mathematische Beziehung zur durchstrahlten Luftmessung und dem Trubungsfaktor T finden laßt von der Form

$$i_{\lambda} = p^{(a + bT)\, m}$$

Die Werte fur p, a und b mußten experimentell bestimmt werden Auf diese Weise konnte man die biologisch wichtige Strahlungsintensitat aus physikalischen Messungen bestimmen

Prof. *Wigand* (Halle): Ich möchte fragen, ob nicht die Auswertung der *Dorno*'schen Registrierungen des ultravioletten Endes des Sonnenspektrums durch Herrn *Meyer* auch etwas über die *Höhenlage der Ozon-Schicht* ergeben hat. Es müßte doch möglich sein, aus der Intensitätsänderung mit dem Sonnenstande auf die Höhe der absorbierenden Schicht zu schließen. Die Frage steht im Zusammenhang mit der hohen Ionisation der sogenannten *Heaviside* — Schicht der Radio-Telegraphie — sowie mit dem etwaigen Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung in der obern Atmosphäre und auch andern geophysikalischen Problemen.

Prof. *Meyer* (Zürich): Es ist prinzipiell möglich, die Höhenlage der Ozonschicht aus Messungen ähnlich denen von *Dorno* zu bestimmen. Nur müßte dazu das Gesetz sehr genau bekannt sein, nach dem die Intensität der Strahlung für eine bestimmte Wellenlänge sich mit der Sonnenhöhe ändert. Auf die Möglichkeit eines solchen Vorgehens haben schon *Fabry* und *Buisson* hingewiesen.

Dr. *M. Guhr* (Tatranska Polianka, Tschechosl.): Für die umstimmende Wirkung des Höhenklimas auf den senilen Zustand des Menschen spricht die Wahrnehmung an einem 70jährigen Manne, der im senilen marantischen Zustande mit einem Ulcus corneae senilis zur Höhenkur eintraf. Das Ulcus, welches im Tieflande trotz intensivster Behandlung fast 6 Monate in seiner Progredienz zum Stillstand nicht gebracht werden konnte, heilte in der Höhenluft binnen sechs Wochen spurlos aus. Fünfzehnjährige weitere Beobachtung zeigte den Patienten in tadelloser physischer und psychischer Frische. Nachdem Patient im einundneunzigsten Lebensjahre äußerer Ursachen halber der Einwirkung des Höhenklimas sich entzog, trat das Ulcus corneae senilis in der vor fünfzehn Jahren beobachteten Form wieder auf, begleitet von den zunehmenden marantischen Erscheinungen, die binnen mehreren Wochen zum Exitus führten.

Die Erfahrungen am Krankenbette Basedowkranker und Lungenhiluskranker, die mit gesteigertem Gasstoffwechselumsatz behaftet waren, lehren, daß die Steigerung des Gasstoffwechselumsatzes in dem Höhenklima zum Schwinden gelangt, was mit dem Umstande erklärbar ist, daß Intoxikationszustände der oben genannten Krankheiten infolge Einwirkung der Höhenluft zum Schwinden gelangen. Die Beseitigung des hervorrufenden Momentes führt zum Schwinden des Symptoms, das heißt der Steigerung des Gasstoffwechselumsatzes.

Dr. *Gutstein* (Berlin): Gestatten Sie mir einige kurze Bemerkungen zu dem Vortrag von Herrn Prof. *Koranyi*, insbesondere über die Veränderung des Blutes im Hochgebirge. Der Vortragende hat nur die bekannten Veränderungen an den roten Blutzellen und zwar die Hyperglobulie und die Vermehrung des Hämoglobins als Wirkung des Höhenklimas angeführt. In Wirklichkeit sind noch andere Ver-

anderungen an den Blutzellen nachweisbar, namlich eine Verminde-
rung der Gesamtzahl der weißen Blutzellen (Leukopenie) und eine relative Vermehrung der Lymphozyten Es ist nun interessant, daß man diese Veranderungen an den Formelementen des Blutes nicht nur im Hohenklima, sondern in *gleicher Weise* auch erhalt, wenn man in der Tiefebene bei den Versuchspersonen Sauerstoffmangel erzeugt In einer Arbeit aus dem Jahre 1917 (Zschr f Tuberkulose) habe ich zeigen konnen, daß man bei Tuberkulosen nach Anlage eines kunstlichen Pneumothorax dieselben Blutveranderungen, namlich Hyperglobulie, Hyperhamoglobinie, Leukopenie und Hyperlymphozytose nachweisen kann Oft war auch eine Vermehrung der eosinophilen Leukozyten zu konstatieren Diese Befunde waren jedoch nur zu beobachten bei Fallen von *totalem* Pneumothorax, in denen eine gleichzeitig bedeutende Besserung des Krankheitsprozesses erzielt worden war Jedoch konnte ich in einer zweiten Arbeit (Folia haematologia 1921 uber ein typisches Verhalten des Blutes unter dem Einfluß des Sauerstoffmangels) zeigen daß die Blutveranderungen unabhangig von der Besserung des tuberkulosen Prozesses waren, da sie auch bei *gesunden* Hunden nach Anlage des Pneumothorax in gleicher Weise zu erzielen waren Ebenso habe ich bei Patienten, die ich mit der *Kuhn*'schen Saugmaske behandelt habe, dieselben Veranderungen an den roten und weißen Blutzellen beobachten konnen Es ist nun die Frage, wie man dieses *typische Verhalten* der roten und weißen Blutzellen unter dem Einflusse des Sauerstoffmangels zu erklaren hat Man erklart wohl allgemein die Vermehrung der roten Blutzellen als Kompensationsmaßnahme des Organismus auf den Reiz der Sauerstoffverminderung Doch reicht diese Erklarung nicht fur die Veranderung der weißen Blutzellen aus Ich glaube daher auf die Arbeit von *Mansfeld* hinweisen zu mussen, daß die Hyperglobulie im Hochgebirge bei Tieren, denen die Schilddruse exstirpiert worden ist, nicht auftritt Hieraus schloß *Mansfeld* mit Recht, daß es im Hochgebirge unter dem Einfluß des Sauerstoffmangels zu einer verstarkten Tatigkeit der Schilddruse komme, und daß diese die eigentliche Ursache der Hyperglobulie sei Es durfte daher nicht von der Hand zu weisen sein, daß auch die Leukopenie und die relative Lymphozytose durch die verstarkte Tatigkeit der Schilddruse zu erklaren sei

Dr *Dotzel* (Crefeld) Ich habe dieselben Veranderungen am Blute beobachtet nach Pneumothoraxfullungen wie Herr Dr *Gutstein* aus Berlin Gleichzeitig auch Veranderungen, die ich als toxische Reizwirkung deute Die Blutveranderungen bei Pn Fullungen durften nicht nur auf Verkleinerung der Atmungsflache und damit auf Verminderung der Sauerstoffzufuhr beruhen

Dr *Bornstein* (Berlin) Es ist, gewissermaßen in Parenthese, erwahnt worden, daß man um so mehr Alkohol vertragt, je hoher man steigt, quo altius, eo magis Ich hoffe, daß man nicht

aus dieser Tatsache der größern Giftfestigkeit speziell für die Kranken die Folgerungen zieht, daß man nun Alkohol geben darf. So herrlich eine Traubenkur für die Tuberkulosen ist, so sehr möchte ich davor warnen, die in Form von vergorenem Wein auf Flaschen gezogenen Trauben zu verabreichen. Traubensaft ist der natürliche, bekömmliche und heilbringende Inhalt der Traube. Wein ist mit der Traube weder verwandt noch verschwagert, höchstens stiefverwandt und nur schädlich. Ich hoffe, daß in Davos den Kranken dieses Gift völlig vorenthalten wird.

Prof. *Sonne* (Kopenhagen): Mehrere der HH. Redner haben als eine wesentliche Wirkung des Höhenklimas angeführt, daß die Atmungsgröße gesteigert wird; es scheint mir jedoch, daß keine zufriedenstellende Erklärung hierfür vorgebracht wurde. Ferner ist davon gesprochen worden, daß die Wirkung des Höhenklimas z. T. einem Sauerstoffmangel zugeschrieben werden müsse, aber auch hier konnte man nicht angeben, wie ein solcher Sauerstoffmangel entstehen kann, wenn man nicht in sehr große Höhen hinaufsteigt. Wie Sie ja alle wissen, hat die Sauerstoffabsorptionskurve des Hämoglobins einen solchen Verlauf, daß wir bis auf eine alveolare Sauerstoffspannung von weniger als etwa 10% des normalen Barometerdrucks, d. h. also auf etwa 76 mm Sauerstoffpartialdruck kommen müssen, bevor von irgend einem wesentlichen Sauerstoffmangel im Arterienblute die Rede sein kann; bei jedem höhern Drucke ist das Blut im wesentlichen so vollständig gesättigt, wie es überhaupt nur gesättigt werden kann. Da man nun zu wissen glaubt, daß die alveolare Sauerstoffspannung erst in sehr großen Höhen unter 76 mm hinuntergeht, so hat man den Grund für den vermuteten Sauerstoffmangel auch bei geringern Höhen nicht verstehen können.

Ich glaube jedoch, daß es möglich ist, eine solche Aufklärung zu finden, und ich glaube gleichzeitig eine zufriedenstellende Erklärung für die erwähnte Atmungssteigerung geben zu können.

Eine Voraussetzung für die Richtigkeit der Bedeutung der uns bekannten Tatsache, daß man in sehr große Höhen hinaufsteigen muß, damit die alveolare Sauerstoffspannung in den Alveolen unter 76 mm fällt, ist die, daß wir überall, in allen Alveolen, die gleiche Sauerstoffspannung haben. Es ist nämlich in Wirklichkeit nur die *durchschnittliche* Alveolarspannung, an die man früher immer gedacht hat, wenn man von der Zusammensetzung der Alveolarluft sprach, indem man davon ausging, daß die Lungen sich überall bei der Einatmung und der Ausatmung gleichmäßig ausdehnen und wieder zusammenziehen. Vor nicht sehr langer Zeit hat dagegen *Arthur Keith* gezeigt, daß dies ein Irrtum ist; die Lungen dehnen sich bei der Einatmung nicht wie ein Ballon, sondern eher wie ein japanischer Fächer aus, bei dem sich erst ein Teil entfaltet und dann erst nach und nach die andern Teile. Die Folge hievon wird unvermeidlich die sein, daß die Sauerstoffspannung in den

verschiedenen Alveolarpartien verschieden sein wird. Ist dies aber der Fall, so ist die *durchschnittliche* alveolare Sauerstoffspannung ohne jedes Interesse für die hier zur Diskussion stehende Frage. Die durchschnittliche alveolare Sauerstoffspannung kann gerne wesentlich über 76 mm sein, und trotzdem kann die Spannung an einzelnen Stellen in den Lungen niedriger sein, und nur dies letztere allein ist es, worauf es ankommt. Ist der Sauerstoffdruck auch nur an einer einzigen Stelle in den Lungen unter 76 mm, so muß unweigerlich ein Sauerstoffmangel in dem gesamten Arterienblut in der Vena pulmonalis bestehen. Die ungenügende Sauerstoffsättigung in einer einzigen Stelle in den Lungen kann nicht von andern Stellen der Lungen aus ausgeglichen werden, an diesen andern Stellen der Lungen ist nämlich bereits schon so viel Sauerstoff aufgenommen, als überhaupt aufgenommen werden kann. Es muß also unter solchen Verhältnissen ein mehr oder weniger starker universaler Sauerstoffmangel auftreten. Es ist unmöglich, schon im voraus anzugeben, in welchen Höhen ein solcher Sauerstoffmangel auftritt. Wahrscheinlich ist dies bei verschiedenen Menschen etwas verschieden. Je ungleichmäßiger eine Person ihre Lungen ausdehnt und zusammenzieht, desto früher wird bei ihr ein Sauerstoffmangel eintreten, wenn sie sich in größere Höhen begibt; bei manchen Menschen bedarf es vielleicht nur einer sehr geringen Höhe, damit ein Sauerstoffmangel auftritt.

Das einzige Mittel, durch das ein solcher Sauerstoffmangel im gesamten Arterienblut aufgehoben werden könnte, ist eine stärkere Atmung an derselben Stelle, wo die Sauerstoffspannung unter 76 mm gefallen ist. Da eine solche stärkere Atmung an der betreffenden Stelle in der Regel ohne eine einigermaßen entsprechende erhöhte Atmung auch in den andern Teilen der Lungen nicht möglich sein wird, wird die natürliche Folge eine möglicherweise bedeutende, universale Erhöhung der Atmung sein — was ja auch mit den besprochenen Beobachtungen beim Höhenklima übereinstimmt.

Eine Atmung, die stärker ist als der normalen Kohlensäurelüftung entspricht, wird die Kohlensäure stärker auslüften als normal, und hier haben wir gleichzeitig eine Erklärung für die von einigen der Herren Redner erwähnte, niedrigere alveolare Kohlensäurespannung in den Bergen.

Dr. *H. v. Schroetter* und Dr. *Sonne*. Erklärt und ergänzt die Ausführungen des Vorredners und betont, daß das arterielle Blut der Lungenvene nur dann voll gesättigt werden kann, wenn bei möglichst freien Luftwegen alle Lungenteile an der Atmung partizipieren, diese somit ausreichend entfaltet und die Respiration genügend vertieft wird, sonst muß naturgemäß die Sauerstoffspannung der nicht ventilierten Lungenteile hinter jener der andern zurückbleiben, ebenso wie die Blutstromgeschwindigkeit in entsprechenden Bezirken vermindert ist, so daß die Diffusion ins Gesamtblut unter verschiedenem Partialdruck erfolgt und die Sättigung leidet. Bekannt

ist ja und wiederholt betont, der Unterschied in der Wirkung flacher und tiefer Respiration auf die Sauerstofförderung ins Lungenblut, was auch bei Beurteilung der individuellen Toleranz gegenüber Druckverminderung zu berücksichtigen ist. In jüngster Zeit hat *J. S. Haldane* auf die Bedeutung einer ausreichenden Entfaltung aller Lungenbezirke besonders aufmerksam gemacht. Wichtig erscheint die Betonung, daß die berechnete (weniger die direkt bestimmte) Alveolarspannung keine sichere Bewertung der Sauerstofftension in den Arterien, namentlich bei ungünstiger Sauerstoffversorgung — niederem Luftdrucke — gestattet. Dies ist nur durch unmittelbare Untersuchung des Arterienblutes bezw. seines Sauerstoffgehaltes möglich. Wohl aber liefert die Bestimmung der alveolaren Kohlensäurespannung einen sicheren Maßstab für die Kohlensäuretension im Blute und ermöglicht eine annähernde Schätzung der Milchsäureproduktion bezw. ihrer weiteren Zerstörung bei Muskelarbeit.

Dr. *H. v. Schroetter* ad Dr. *Gutstein*: Bezüglich der hier angeschnittenen Fragen muß man sich doch gegenwärtig halten, daß auch bereits unter normalem Luftdrucke relativer Sauerstoffmangel nur allzuleicht, wie namentlich bei anstrengender Muskelarbeit eintreten kann, daß der Organismus auch im Meeresniveau nicht absolut immun gegen Sauerstoffmangel ist, wie ich dies des Nähern am Schlusse meines Vortrages ausgeführt habe, worauf hiermit verwiesen sei.

Dr. *Laquer* (Nymwegen): Da alle Veränderungen des Organismus im Höhenklima durch Sauerstoffatmung zurückgehen, muß man annehmen, daß die verminderte Sauerstoffspannung der Inspirationsluft Ursache dieser Veränderungen ist. Andere Erklärungsmöglichkeiten verlangten sehr komplizierte und unwahrscheinliche Hilfshypothesen. In jeder beliebigen Gegend des Körpers kann aber nur dann Sauerstoffmangel eintreten, wenn seine Sauerstoffversorgung durch das Blut ungenügend wird. Deswegen sind direkte Bestimmungen der Sauerstoffspannung des arteriellen Blutes notwendig, die fast noch niemals im Hochgebirge ausgeführt worden sind. Aber selbst wenn sich hierbei Herabsetzungen ergaben, muß der sich beim Sauerstoffmangel im Hochgebirge abspielende Chemismus grundlegend von dem bisher bei Sauerstoffmangel bekannten Chemismus unterscheiden.

Dr. *Fr. Peemöller* (Hamburg) stellte mit Hilfe von physikalisch exakt geeichten künstlichen Lichtquellen und von verschiedenen Lichtfiltern fest, daß bei der Rachitis der primäre Heilerfolg *nur* den erythembildenden Strahlen mit einer Wellenlänge unterhalb 320 $\mu\mu$ zukommt, daß alle andern Strahlen primär nicht imstande sind, einen Heilerfolg hervorzubringen, wohl aber sekundär die Wirkung der erythembildenden Strahlen unterstützen können. Hieraus ergibt sich die praktisch wichtige Folgerung für die Ultraviolett-Therapie der Rachitis, daß nur

solche kunstlichen Lichtquellen in Frage kommen sollen, die erythem bildende Strahlen aussenden, und zwar in genugender Menge Alle ubrigen kunstlichen Lichtquellen wie z B die Solluxlampe, die Spektrosollampe und auch die Ultrasonne kommen fur die Ultravio lett-Therapie der Rachitis nicht in Frage Ebenso kann von Sonnen bestrahlung durch Fensterglas kein therapeutischer Erfolg erwartet werden, denn das Fensterglas schneidet das Spektrum unterhalb 320 $\mu\mu$ ab Auch die Wintersonne kann bei uns in der norddeutschen Tiefebene keinen Heileffekt auf die Rachitis ausuben, weil sie keine erythembildenden Strahlen enthalt

Bei einer Gruppe von rachitischen Kindern, die mit der *Siemens*schen Aureollampe acht bis zehn Wochen lang taglich ein bis zwei Stunden bestrahlt worden waren, zeigte sich trotz schoner braunroter Pigmentation rontgenologisch nicht der geringste Heilerfolg Ery thembildung wurde nach der Bestrahlung nicht beobachtet Hieraus ergibt sich also 1 daß gute Pigmentation keineswegs immer als ein prognostisch gunstiges Zeichen bewertet werden darf, 2 daß dem Pigment nicht die Bedeutung eines Heilmittels im Sinne *Jesionek*'s zukommt, 3 daß auch seine angenommene Rolle als Transformator der ultravioletten in Warmestrahlen keine praktische Bedeutung fur den Heilungsprozeß hat Da man nun ferner seit kurzem weiß daß es nicht wirkt, wie eine Schutzvorrichtung gegen ultraviolette Strahlen als brauner Sonnenschirm im Sinne *Finsen*'s, so muß man ihm eine andere physiologische Bedeutung zuschreiben Die Bedeu tung besteht meines Erachtens hochstwahrscheinlich darin, daß es den Korper vor Warmestauung schutzt, insofern es die tiefeindrin genden leuchtenden Warmestrahlen bereits in der Epidermis absor biert Dadurch wird erstens eine Warmestauung in der Tiefe ver hutet und zweitens kommt es dann meines Erachtens zu einem viel fruhern und starkern Schwitzen auf der pigmentierten als auf der weißen Haut Die nun einsetzende physikalische Warmeregulierung fuhrt dann bald zu einer Abkuhlung der pigmentierten Haut Ver schiedene noch nicht ganz abgeschlossene Untersuchungen sprechen fur diese Annahme Auf diesem Vorgange beruht meines Erachtens auch die Ueberlegenheit der farbigen Volkerstamme in den Tropen bei der Arbeit gegenuber den Weißen

Weiter geht aber aus der Tatsache der Pigmentbildung ohne vorhergehende Photodermatitis hervor, daß diese wichtigen und in teressanten Untersuchungen von *Hauser* und *Vahle* eine *Lucke* auf weisen, denn diese beiden Autoren sind der Meinung, daß die Pig mentation der Erythembildung vollkommen parallel lauft Hier zeigt sich nun aber eine Abweichung meiner auf physikalischer Basis auf gebauten Untersuchungen Die fehlerhafte Einstellung von *Hauser* und *Vahle* ist vor allem dadurch entstanden, daß sie nicht mit einem kontinuierlichen, sondern mit dem diskontinuierlichen Linienspek trum der Hohensonne arbeiteten, das im langwelligen Teil des Ultra violetts nur wenige Linien aufweist Ferner lasen sie nach nur ein

maliger Hautbestrahlung die Hautveranderungen ab Aus den Untersuchungen mit der *Siemens* schen Aureollampe, deren Spektrum sich bis allerhochstens 320 $\mu\mu$ erstreckt, geht aber hervor daß auch die langwelligen ultravioletten Strahlen ohne vorhergehende Erythembildung imstande sind eine Pigmentierung hervorzubringen bei mehrfach wiederholter langerer Einwirkung

Endlich warnt *P* noch vor der ubertriebenen Bedeutung, die man heutzutage dem Sauerstoffmangel im Hochgebirge (*Loewy*) als pradominierendem Klimafaktor beimißt

Nach neuern Untersuchungen von *Kestner* und *P* die in diesem Jahre auf Teneriffa in allen moglichen Hohenlagen ausgefuhrt wurden, zeigte sich, daß nach einer kurzen, bald vorubergehenden Zeit der Akklimatisation von etwa drei bis vier Tagen der Grundumsatz bis zu einer Hohe von 2200 m gleich dem in Hamburg war Auch die Atmungsgroße verhielt sich nach erfolgter Akklimatisation bis zu einer Hohe von 2200 m vollkommen unverandert Dagegen fanden *K* und *P* bei einsetzender Bestrahlung (direktes Sonnen- oder diffuses Himmelslicht) fast regelmaßig eine Stoffwechselsteigerung von 15 bis 20 % Diese Steigerung lief absolut parallel den mit einer Kadmiumzelle gleichzeitig gemessenen Ultraviolett-Intensitaten

Dr *H v Schroetter* ad Dr *Peemoller* Mit Rucksicht auf die Bemerkung von Herrn *Peemoller* der sich um die Bestrahlung bei Rachitis so verdient gemacht hat mochte ich nur kurz und insofern erwidern, als ich glaube, dadurch Mißverstandnisse aufklaren zu konnen, die hinsichtlich der Frage nach den fur die Pigmentierung wirksamen Strahlen zu bestehen scheinen Wie ich seinerzeit (1910) nach Versuchen auf den Cañadas von Teneriffa zeigen konnte, und wie dies dann insbesondere durch die ausgezeichnete Arbeit von *Voß* und *Vahle* festgestellt worden ist, wird das sogenannte Sonnenpigment ausschließlich durch die Wirkung ultravioletter Strahlen bezw eines begrenzten Bezirkes derselben hervorgerufen Bei hoherer Aktinitat dieser (wie sie im Sonnenspektrum nicht vorkommt) erfolgt deshalb keine Pigmentbildung, da das Protoplasma bei so hoher Schwingungszahl nicht mehr chemisch zu arbeiten imstande ist Wenn nun Herr *Peemoller* angibt, daß die Pigmentierung auch durch langwelligeres Licht hervorgebracht werden konne, so handelt es sich um Verfarbungen durch Blutpigment Derivate, indem irritative Lichtreizung ebenso wie die Wirkung dunkler Warmestrahlen zu Transsudationsvorgangen Diapedese von Blutkorperchen im Bereiche der Kapillarschlingen der Hautpapillen und zu weiteren Veranderungen des Blutfarbstoffes (Hamosiderin, Hamochromogen) fuhrt Diese Pigmentation ist aber von dem „Sonnen Pigmente“ chemisch vollkommen different, das vielmehr zu der Gruppe der Melanine gehort und den aromatischen Aminosauren nahestehen durfte Es kann jedoch geschehen, daß beide Pigmentierungen nebeneinander auf-

treten, im besondern wenn es bei Sonnenbestrahlung zu starkeren ther mischen Wirkungen, Blasenbildung, Entzundung gekommen ist — Die Retezellenschicht der Haut kann den inkretorischen Drusen zu gerechnet werden, mit denen sie auch in mehrfacher Wechselbeziehung steht Die Menschen durften (mit Bezug auf deren Evolution) ur sprunglich dunkelfarbig gewesen sein, um diese Farbung mit der Demigration nach kalteren Regionen der Erde zu verlieren Die Fahig keit zur Pigmentbildung ist jedoch erhalten geblieben, beim Grotten olme dagegen ist sie im Laufe geologischer Zeiten verloren gegangen Mangelnde Fahigkeit zur Pigmentbildung beim Menschen ist ein Zeichen minderwertiger Konstitution bezw erhohter Disposition zur Tuberkulose

---

Zur klinisch therapeutischen Abteilung

Dr *Skalak* (Prosečnice, Tschechoslowakei) berichtet uber die Untersuchungen, die er in Kollaboration mit Dr *Mrkos* uber den *Zusammenhang verschiedener klinischer Erscheinungen mit atmospharischen Situationen* gemacht hat Dr Skalak hat dabei gefunden daß man immer die beobachtete klinische Erscheinung im Zusammenhang mit *ganzer* gegebener Situation (im Sinne der zyklonalen und antizyklonalen Bewegung der Atmosphare) betrachten muß Erst dann ergibt sich ein klarer und eindeutiger Zusammenhang, welcher als ganz gesetzlich betrachtet werden muß Die Autoren haben am grundlichsten diesen Zusammenhang an dem Vorkommen von Hamoptoe bei der Lungentuberkulose und an der Mentalitat bei verschiedenen Krankheiten und letztens an dem Vorkommen von akut infektiosen Erkrankungen der obern Luftwege studiert

Es hat sich ergeben, daß es zwei Anstiege in Anhaufung dieser Erscheinungen gibt, und zwar einen Anstieg in der Mitte der Zyklone, einen zweiten in der Antizyklone an dem Ende der Kaltewelle Diese zwei Anhaufungen sind nicht immer bei jeder Krankheit und bei jeder klinischen Erscheinung gleich deutlich ausgepragt bei der Hamoptoe und bei der Tuberkulosemortalitat treten beide ganz deutlich in den Vordergrund, bei der Grippe z B ist der antizyklonale, bei Mortalitat an Marasmus z B der zyklonale atmospharische Einfluß sichtbar Den Einfluß der zyklonalen Situationen stellen sich die Autoren wie den Einfluß der Stagnation der Luftmassen vor, ganz analog, wie man uber die Stagnation in der Hydrologie sprechen kann — Dr *Skalak* hat dann auch das Auftreten der Hamoptoen in verschiedenen Tagestunden studiert, es hat sich ergeben, daß die Welle des Hamoptoevorkommens im entgegengesetzten Sinn verlauft wie die Welle der taglichen Schwankungen des barometrischen Druckes Was die Frage uber den Einfluß von Gewittersituationen auf das Vorkommen der Hamoptoen anbelangt, so muß nach den Forschungen von Dr *Skalak* ein Unterschied gemacht werden zwischen den Gewittern, die in der Mitte der Zyklone vorkommen und einen ausgesprochenen Einfluß auf das Vorkommen von Hamoptoen zeigen und unter den Gewittern am Anfange der Kaltewelle in der Antizyklone, wo ein Einfluß oft vermißt wird

R Staehelin (Basel) *Schlapfer* hat die von Herrn *Bernhard* erwahnten Versuche uber Photoaktivitat des Blutes an der Basler Medizinischen Klinik wieder aufgenommen und ist zum Schluß gekommen, daß die Schwarzung der photographischen Platte durch belichtetes Blut nicht die Folge einer Strahlenwirkung des Blutes, sondern einer chemischen Substanz ist wahrscheinlich Wasserstoffsuperoxyd

Dr *Bornstein* (Berlin) Ich mochte an Bemerkungen anknupfen, die in den Vortragen von *Michaud* und *von den Velden* in Paranthese gefallen sind, an die Frage von der Diat, die leider in fast allen Kurorten ob hoch oder tief, noch immer nicht ihrer hohen Bedeutung entsprechend gewertet wird Das *Fleisch* spielt hier eine leider zu große und oft *schadliche Rolle* Man verzieht die Kranken oft zu Karnisten, statt sie an eine vernunftgemaße Ernahrung zu gewohnen die auch zu Hause mit Erfolg fortgesetzt werden kann — Die Behauptung des Physiologen *Kestner* (Hamburg) von der Notwendigkeit großer Fleischmengen, speziell bei sogenannten geistigen Arbeitern, ist energisch zuruckzuweisen, *K* ist jeden Beweis fur diese nur „auf eigener Ueberzeugung", nicht auf wissenschaftlicher Erhartung beruhende Behauptung schuldig geblieben, auch in Innsbruck, bei den Naturforscherversammlungen, wo hoffentlich fur immer diese schadliche Behauptung beweiskraftig widerlegt worden ist — Fleisch ist ein angenehmes, liebenswurdiges, in beschrankter Menge durchaus zu empfehlendes Nahrungs und Genußmittel Aber ein schlechtes Eiweißansatzmittel und nie ein besonderer Kraftspender Es liegt nicht der mindeste Grund zur Erziehung zum Karnismus vor Die Hotels in den Kurorten sind dringend daruber zu belehren, daß sie ihren Bewohnern die von den Aerzten verordnete Diat zu verabfolgen hatten die fur die Gesundung oft von ausschlaggebender Bedeutung ist Die Gastwirtschaften sind der Gaste wegen da, nicht umgekehrt Im Gegensatz zu Fleisch sind Milch und Pflanzeneiweiß plastische Eiweiße Wahrend es *Dapper* bei Entfettungskuren trotz großer Fleischbeilagen nicht gelang, Eiweißverlust zu verhuten, konnte ich im Gegensatz *bei Zulage maßiger Mengen Milch oder Pflanzeneiweiß bei Fettverlust* sogar Eiweißansatz erzielen, die von mir sog *Zellenmast* ein zwingender Beweis fur den Vorzug dieser Eiweiße gegenuber dem in großern Mengen schlechtern Fleisch

Eine kurze Bemerkung zur Frage des Eiweißansatzes Ich habe hieruber zahlreiche Forschungen in den physiologischen Instituten von *Heidenhain* (Breslau), *Zuntz* und *Hering* (Leipzig) angestellt und in Pfluger's Archiv und anderswo berichtet — Der Eiweißansatz zeigt sich, wenn weniger Stickstoff ausgeschieden als aufgenommen wird Eine Besserung der Zelle kann in quantitativer und qualitativer Weise erfolgen Qualitativ durch bessere Eiweißventilation, quantitativ durch Anreicherung, beides nenne ich *Zellmast* Durch Arbeit wird eine Muskeleutrophie erzeugt,

die naturlich ihre Grenzen hat eng im Raume stoßen sich die Zellen und eine allzusehr vergroßerte mußte die andere verdrangen — Be Liegekuren fallt diese Eutrophie fort Um so mehr muß die durch Ernahrung zu erzielende erstrebt werden Ich konnte nachweisen, daß nicht durch Fleisch aber durch Zulage von maßigen Mengen Milch oder Pflanzeneiweiß eine *Zellmast* eine Besserung der Zelle in Quantitat und Qualitat stattfinden kann, die Zelle zeigt bessere Oxydationskraft Ich empfehle diese einfache Methode der Zellbesserung, des Eiweißansatzes, in der Praxis draußen, wie auch speziell hierzulande bei Ruhekuren Aber bitte nicht Fleisch —

Noch eines bei Stoffwechselversuchen zeigt uns der N im Harn nicht, ob er von abgebautem Korpereiweiß oder von der Nahrung stammt Es durfte sicher sein, daß bei Arbeit und bei Eiweißubernahrung, bei erhohter *Eiweißventilation* das Korpereiweiß rascher abgebaut und durch Neubildung von organischem Eiweiß aus der Nahrung mehr als ersetzt wird, daß also ein großerer Teil des N im Harn vom Abgebauten stammt es tritt eine raschere Regeneration der Zelle ein, was fur die Heilung von grundlegender Bedeutung sein durfte

---

SACHREGISTER

R